

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра електропостачання**

«На правах рукопису»
УДК 621.316.1

«До захисту допущено»
Науковий керівник кафедри
_____ С.П. Денисюк
«__» _____ 2018 р.

**Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра**

**зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»
спеціалізації «Електротехніка та електротехнології»
на тему: «Захист електромережі від перевантаження»**

Виконав:
студент VI курсу, групи ОЕ-371мп
Козінський Назарій Олександрович

Керівник:
к.т.н., доц. Побігайло В.А.

Консультант з нормоконтролю:

Рецензент:

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.
Студент _____

Київ – 2018 року

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»

Факультет (інститут) Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
(повна назва)

Кафедра Електропостачання
(повна назва)

Освітньо-кваліфікаційний рівень «магістр»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Спеціалізація «Електротехніка та електротехнології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Науковий керівник кафедри

(підпис) С.П. Денисюк
(ініціали, прізвище)

«__» _____ 2018 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Козінський Назарій Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Захист електромережі від перевантажень».

науковий керівник Побігайло В.А. к.т.н., доцент,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «21» березня 2018р. №1148-с

2. Термін подання студентом дисертації «18» грудня 2018року.

3. Об'єкт дослідження являються процеси електричної мережі 6-35 кВ.

4. Предмет дослідження методи та засоби захисту електричної мережі 6-35 кВ шляхом застосування сучасних методів та засобів захисту від перенапруг.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити 1.Провести аналіз особливостей експлуатації секціонуючих пунктів на основі вакуумних реклоузерів.2. Дослідити вплив на надійність системи ЕП при використанні секціонуючих пунктів на основі вакуумних реклоузерів.3. Запропонувати ефективні варіації практичної реалізації із застосуванням секціонуючих пунктів на основі вакуумних реклоузерів.3. Розробити приклад розрахунку показників надійності початкової мережі (SAIFI(0)) до введення в експлуатацію секціонуючих пунктів на основі вакуумних реклоузерів.4. Розробити приклад розрахунку показників надійності модернізованої мережі (SAIFI) після введення в експлуатацію секціонуючих пунктів на основі вакуумних

реклоузерів.5. Зробити порівняльний аналіз існуючих математичних методів розраху вакуумних систем в комутаційних апаратах.6. З метою підвищення ефективності функціонування секціонуючих пунктів, розробити математичну модель вакуумної системи комутації вакуумного вимикача використовуючи метод Монте-Карло, з врахуванням швидкості часток контактних поверхонь під час комутації.7. Зробити аналіз старта проекту для визначення принципової можливості ринкового впровадження розглянутого проекту та можливих напрямків реалізації цього впровадження.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: схеми підключення реклоузерів, конструкція реклоузерів, графіки, презентаційний матеріал.

7. Орієнтовний перелік публікацій: 1. С.П.Денисюк, В.А.Побігайло, О.В.Сподинський, Ю.В.Пилипенко - Загальні принципи побудови ЦПС/Навчальний посібник. Київ -2107. – 120 с.2. А.В.Волошко, В.П.Калінчик, В.А.Побігайло – Електронні та електричні апарати. Частина 2 «Електричні контакти»/Навчальний посібник. Київ -2017. – 95 с.

8. Дата видачі завдання «25» березня 2018 року.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Отримання завдання	25.05.2018	Виконав
2	Аналіз літературних джерел	15.06.2018	Виконав
3	Складання плану роботи	16.06.2018	Виконав
4	Робота над першим розділом	20.07.2018	Виконав
5	Робота над другим розділом	20.08.2018	Виконав
6	Робота над третім розділом	20.09.2018	Виконав
7	Робота над четвертим розділом	20.11.2018	Виконав
8	Оформлення ПЗ, нормо контроль, попередній захист	18.12.2018	Виконав

Студент

(підпис)

Козінський Н.О
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Побігайло В.А.
(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Структура і обсяг дисертаційної роботи. Робота складається зі вступу, трьох розділів основної частини, стартап проекту, висновків, списку використаних літературних джерел. Повний обсяг дисертації складає 93 сторінок, у тому числі 80 сторінок основного тексту, 25 ілюстрацій, 12 таблиць, список використаних джерел, що містить 40 найменувань на 4-х сторінках.

Актуальність теми. Розподільні електричні мережі функціонально були призначені для транспортування і розподілення електроенергії, виробленої централізовано на крупних електростанціях. Як показують дослідження 80-90% пошкоджень в повітряних лініях електропередачі розподільних мережах 6-35 кВ є нестійкими і самоусуваються на протязі короткого проміжку часу. Однак, при використанні традиційних схем і комутаційних апаратів кожне із таких пошкоджень приводить до вимкнення всієї або значної частини розподільної мережі, потребує, як правило, виїзду оперативного персоналу для уточнення виду пошкодження, виконання чисельних ручних переключень, локалізації пошкодженої ділянки та забезпечення резервного живлення для непошкоджених ділянок. Все це потребує часу і зменшує надійність електропостачання, призводить до недоотримання електроенергії споживачами. щопідключені як до пошкодженої, так і непошкоджених ділянок [1]. Засобом усунення недоліків є реклоузер – електричний апарат, що працює як автономний пристій і використовується для автоматичного вимкнення і повторного вмикання лінії по попередньо заданій послідовності циклів вимикання та повторного вмикання з наступним поверненням функції автоматичного повторного вмикання (АПВ) в початковий стан. Збереженням ввімкненого положення або блокуванням в вимкненому положенні [1]. Вакуумні реклоузери здатні виконувати оперативні перемикання в розподільній мережі, автоматичне відключення пошкодженої ділянки, автоматичне повторне вмикання лінії, автоматичне відновлення живлення на непошкоджених ділянках мережі, автоматичний збір інформації про

параметри режимів роботи розподільної мережі [1]. Секціонування мережі реклоузерами надає можливість автоматичної локалізації частини електромережі з пошкодженою ділянкою, не позбавляючи живлення споживачів, які приєднанні до неушкодженої частини секціонованої мережі. При цьому знижуються як обсяг недовідпуску електроенергії, а, отже, і збитки від аварійних вимикань, так і час пошуку пошкодження, оскільки суттєво скорочується довжина локалізованої аварійно вимкненої ділянки лінії, яка підлягає огляду з метою пошуку місця пошкодження [1].

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Виконані в роботі дослідження відповідають навчальній програмі КПП ім. Ігоря Сікорського «Станції та підстанції частина 1» та «Електричні апарати».

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є підвищення надійності електричної мережі шляхом застосування методів та засобів захисту від перенавантаження.

Для досягнення поставленої мети вирішуються наступні задачі:

1. Провести аналіз особливостей експлуатації секціонуючих пунктів на основі вакуумних реклоузерів та запропонувати ефективні варіації практичної реалізації із застосуванням секціонуючих пунктів на основі вакуумних реклоузерів.

2. Розробити приклад розрахунку показників надійності початкової мережі (SAIFI(0)) до введення в експлуатацію секціонуючих пунктів на основі вакуумних реклоузерів та розробити приклад розрахунку показників надійності модернізованої мережі (SAIFI) після введення в експлуатацію секціонуючих пунктів на основі вакуумних реклоузерів.

3. З метою підвищення ефективності функціонування секціонуючих пунктів, розробити математичну модель вакуумної системи комутації вакуумного вимикача використовуючи метод Монте-Карло, з врахуванням швидкості часток контактних поверхонь під час комутації.

4. Зробити аналіз стартап проекту для визначення принципової можливості ринкового впровадження розглянутого проекту та можливих напрямків реалізації цього впровадження.

Об'єкт дослідження: являються аварійні процеси електричної мережі 6-35 кВ.

Предмет дослідження: методи та засоби захисту електричної мережі 6-35 кВ шляхом застосування сучасних методів та засобів захисту від перевантаження.

Методи досліджень: для аналізу та розв'язання поставлених задач використані статистичні методи обробки даних, узагальнювальні методи теорії моделювання, чисельні методи тощо.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Розроблено типові схеми розташування точок встановлення секціонуючих пунктів на основі вакуумних реклоузерів в системі ЕП.
2. Надано розрахунки ефективної практичної реалізації із застосуванням секціонуючих пунктів на основі вакуумних реклоузерів в системі ЕП.
3. Запропоновано математичну модель вакуумної системи комутації вакуумного вимикача використовуючи метод Монте-Карло, з врахуванням швидкості часток контактних поверхонь під час комутації.

Практичне значення технічних вимог під час розроблення типових схем розташування точок встановлення секціонуючих пунктів на основі вакуумних реклоузерів в системі ЕП.

Ключові слова: захист електромережі від перевантаження, вакуумні реклоузери секціонуючих пунктів, аварійні процеси, вакуумна система, типове підключення, загальна частота непланових відключень, тривалість непланових відключень, показник надійності початкової мережі, метод Монте-Карло.

ABSTRACT

Dissertation for obtaining an educational qualification degree Master in electrical engineering, electrical engineering and electromechanics - National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute" named after Igor Sikorsky, Kyiv 2018.

The dissertation is devoted to the justification of the use of sectioning points - reclosers, executed in the form of a switching module with built-in current and voltage sensors, which performs functions of relay protection, automation, quality control and monitoring of electricity, monitoring network parameters. Which is intended for automatic shutdown, as well as re-inclusion of the AC circuit in the modes of the CF and without the CF according to a predetermined sequence of cycles of disconnection and inclusion, with the subsequent return of the function of the AWW to the initial state, the maintenance of the included position or the lock in the off position.

The Recloser automatically performs shutdown of the damaged site, automatic re-inclusion of the line, automatic restoration of the power to unprotected areas of the network, operative switching in the distribution network (local and remote reconfiguration), collection, processing and transmission of information about the parameters of network operation and the state of its own elements.

The use of reclosers is one of the most effective ways to increase the reliability of the distribution network, since it allows you to drastically reduce the number and duration of consumer power interruptions without global network upgrades, that is, optimal means.

Key words: overload protection, vacuum reclosers of sectioning points, emergency processes, vacuum system, typical connection, total frequency of unplanned trips, duration of unplanned trips, reliability index of the primary network, Monte-Carlo method.

ВСТУП

Актуальність теми. Розподільні електричні мережі функціонально були призначені для транспортування і розподілення електроенергії, виробленої централізовано на крупних електростанціях. Як показують дослідження 80-90% пошкоджень в повітряних лініях електропередачі розподільних мережах 6-10 кВ є нестійкими і самоусуваються на протязі короткого проміжку часу. Однак, при використанні традиційних схем і комутаційних апаратів кожне із таких пошкоджень приводить до вимкнення всієї або значної частини розподільної мережі, потребує, як правило, виїзду оперативного персоналу для уточнення виду пошкодження, виконання чисельних ручних переключень, локалізації пошкодженої ділянки та забезпечення резервного живлення для непошкоджених ділянок. Все це потребує часу і зменшує надійність електропостачання, призводить до недоотримання електроенергії споживачами, щопідключені як до пошкодженої, так і непошкоджених ділянок [1].

Ефективним засобом усунення такого недоліку є реклоузер – інтелектуальний електричний апарат, що працює як автономний пристрій і використовується для автоматичного вимкнення і повторного вмикання лінії по попередньо заданій послідовності циклів вимикання та повторного вмикання з наступним поверненням функції автоматичного повторного вмикання (АПВ) в початковий стан. Збереженням ввімкненого положення або блокуванням в вимкненому положенні [1].

Вакуумні реклоузери здатні виконувати оперативні перемикання в розподільній мережі, автоматичне відключення пошкодженої ділянки, автоматичне повторне вмикання лінії, автоматичне відновлення живлення на непошкоджених ділянках мережі, автоматичний збір інформації про параметри режимів роботи розподільної мережі [1]. Секціонування мережі реклоузерами надає можливість автоматичної локалізації частини

електромережі з пошкодженою ділянкою, не позбавляючи живлення споживачів, які приєднані до неущожденної частини секціонованої мережі.

При цьому знижуються як обсяг недовідпуску електроенергії, а, отже, і збитки від аварійних вимикань, так і час пошуку пошкодження, оскільки суттєво скорочується довжина локалізованої аварійно вимкненої ділянки лінії, яка підлягає огляду з метою пошуку місця пошкодження [1]. Найпростіший варіант - розподільна повітряна лінія з пунктом автоматичного секціонування лінії (ПАС) на базі реклоузера, що встановлюється в магістралі лінії та ділить лінію на дві зони захисту, причому селективність спрацювання РЗ комутаційних апаратів забезпечується тим, що уставка витримки часу вимикача В1 в голові лінії на один ступінь вище, ніж уставка витримки часу РЗ вимикача реклоузера [1].

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Виконані в роботі дослідження відповідають навчальній програмі КПП ім. Ігоря Сікорського «Станції та підстанції частина 1» та «Електричні апарати».

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є підвищення надійності електричної мережі шляхом застосування методів та засобів захисту від перенавантаження.

Для досягнення поставленої мети вирішуються наступні задачі:

1. Провести аналіз особливостей експлуатації секціонуючих пунктів на основі вакуумних реклоузерів та запропонувати ефективні варіації практичної реалізації із застосуванням секціонуючих пунктів на основі вакуумних реклоузерів.

2. Розробити приклад розрахунку показників надійності початкової мережі (SAIFI(0)) до введення в експлуатацію секціонуючих пунктів на основі вакуумних реклоузерів та розробити приклад розрахунку показників надійності модернізованої мережі (SAIFI) після введення в експлуатацію секціонуючих пунктів на основі вакуумних реклоузерів.

3. З метою підвищення ефективності функціонування секціонуючих пунктів, розробити математичну модель вакуумної системи комутації

вакуумного вимикача використовуючи метод Монте-Карло, з врахуванням швидкості часток контактних поверхонь під час комутації.

4. Зробити аналіз стартап проекту для визначення принципової можливості ринкового впровадження розглянутого проекту та можливих напрямків реалізації цього впровадження.

Об'єкт дослідження: являються аварійні процеси електричної мережі 6-35 кВ.

Предмет дослідження: методи та засоби захисту електричної мережі 6-35 кВ шляхом застосування сучасних методів та засобів захисту від перевантаження.

Методи досліджень: для аналізу та розв'язання поставлених задач використані статистичні методи обробки даних, узагальнювальні методи теорії моделювання, чисельні методи тощо.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Розроблено типові схеми розташування точок встановлення секціонуючих пунктів на основі вакуумних реклоузерів в системі ЕП.

2. Надано розрахунки ефективної практичної реалізації із застосуванням секціонуючих пунктів на основі вакуумних реклоузерів в системі ЕП.

3. Запропоновано математичну модель вакуумної системи комутації вакуумного вимикача використовуючи метод Монте-Карло, з врахуванням швидкості часток контактних поверхонь під час комутації.

Практичне значення технічних вимог під час розроблення типових схем розташування точок встановлення секціонуючих пунктів на основі вакуумних реклоузерів в системі ЕП:

- розрахунок часу перерви електропостачання споживачів до встановлення секціонуючих пунктів;
- розрахунок часу перерви електропостачання споживачів після встановлення секціонуючих пунктів;
- розрахунок кількості відключень споживачів до встановлення секціонуючих пунктів;

- розрахунок кількості відключень споживачів після встановлення секціонуючих пунктів.

- розрахунок уставок максимального струмовий захисту та захист від однофазних замикань на землю.

Особистий внесок здобувача. Усі наукові результати та висновки, викладені у дисертаційній роботі, отримані здобувачем особисто.

Публікації. За матеріалами роботи опублікована 1 публікація, за результатами наукової конференції.

1 СУЧАСНІ ЕЛЕКТРИЧНІ СИСТЕМИ СЕКЦІОНУВАЛЬНИХ ПУНКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ РЕКЛОУЗЕРІВ ЯК ОБ'ЄКТ КЕРУВАННЯ ТА ЗАХИСТУ ВІД ПЕРЕНАВАНТАЖЕННЯ

1.1 Обґрунтування використання вакуумних реклоузерів.

Реклоузер - пристрій автоматичного управління і захисту повітряних ЛЕП на основі вакуумних вимикачів під управлінням спеціалізованого мікропроцесора. Крім захисних і протиаварійних функцій захисту повітряних ліній передач додатково можуть виконувати функції моніторингу та обліку характеристик і параметрів електромереж. В рамках загальної класифікації пристроїв енергетики реклоузери відносяться до КРПЗВ (комплектних розподільних пристроїв зовнішнього встановлення).

Об'єктом дослідження є електромережа живлення «Київського метрополітену» 10 кВ. Служба електропостачання комунального підприємства «Київський метрополітен» забезпечує виконання покладених на неї завдань та функцій, пов'язаних з надійним електропостачанням об'єктів та споживачів метрополітену, з метою забезпечення безперебійного та безпечного перевезення пасажирів, виконання графіка руху поїздів. Висококваліфікований електротехнічний персонал Служби підготовлений для забезпечення надійної роботи електрообладнання в умовах підземних та наземних електроустановок метрополітену. Усі працівники Служби сумлінно виконують свої службові обов'язки щодо забезпечення високого рівня безпеки при обслуговуванні обладнання електропідстанцій, кабельних мереж та мереж освітлення.

Основні функції Служби:

- надійне електропостачання всіх об'єктів та споживачів Підприємства з метою забезпечення чіткої і безперебійної роботи метрополітену та безпечного перевезення пасажирів;
- утримання та обслуговування електрообладнання згідно з вимогами чинних нормативних документів.

Структура Служби:

- енергодиспетчерська дільниця;
- дистанції електропостачання №1,2;
- дистанції кабельних мереж та освітлення №1,2;
- дистанція електрозахисту і автотелеуправління;
- дистанція з ремонту електрообладнання;
- відділ з планування та обліку електроенергії.

Впровадження і використання нових технологій та нової техніки:

- постійно впроваджується нове електрообладнання, виготовлене за новітніми технологіями, що не потребує обслуговування, або терміни та обсяг обслуговування якого значно зменшують витрати на утримання вказаного обладнання;
- для створення єдиної системи диспетчерського управління, збільшення функціональної ємності системи та оптимізації робочого місця енергодиспетчера за рахунок заміни фізично та морально застарілої системи з мозаїчним щитом на більш сучасну систему телемеханіки з автоматизованим робочим місцем, обладнаним електронним щитом на базі LCD моніторів розпочата робота з реконструкції системи телемеханіки енергетичного господарства метрополітену;
- проводяться роботи з модернізації систем автоматизованого обліку електроенергії на підстанціях метрополітену для забезпечення можливості постійного моніторингу за режимами споживання електроенергії споживачами з метою своєчасного виявлення та усунення нераціонального її використання;
- з метою зниження витрат електроенергії на освітлення, зниження рівня забруднення навколишнього природного середовища постійно розробляються та впроваджуються заходи щодо скорочення споживання паливно-енергетичних і водних ресурсів та

енергозберігаючих технологій, серед яких впровадження в мережах освітлення світлодіодних джерел світла.

За допомогою реклоузера повітряні ЛЕП діляться на окремі ділянки, в кожному з яких встановлюється інтелектуальний пристрій, що в реальному часі аналізує параметри роботи мережі і при необхідності виконує її реконфігурацію (проводиться локалізація пошкодженої ділянки і автоматичне відновлення електропостачання споживачів на непошкоджених ділянках) відповідно до програмно встановленого алгоритму. При цьому виключається необхідність дистанційного пошуку пошкодження і його усунення - все це виконується за місцем роботи реклоузера за допомогою мікропроцесорного контролю [5-7].

Залежно від робочої напруги виділяють реклоузери 6, 10, 35 кВ.

Пристрої прийнято розділяти по країні і компанії-виробнику. Основні виробники:

- Электроград (Україна)
- NuLec Industries (Австралія);
- Таврида Электрик (Росія);
- Cooper Power Systems (США).
- ABB (Швейцарія, Швеція)
- Hughes (Швеція)
- Ghorit (Китай)

За типом релейного захисту, що використовуються, виділяють реклоузери з підтримкою наступних принципів роботи:

- захист мінімальної напруги;
- запобігання однофазних замикань на землю;
- струмове відсічення;
- двоступеневий максимальний струмовий захист;
- АПВ.

За типом виконання реклоузери бувають відкритими, закритими, в кліматичному виконанні.

Основні переваги використання реклоузера:

- мінімальне обслуговування;
- можливість оперативної оптимізації роботи електромережі;
- простота монтажу, експлуатації;
- низькі витрати на обслуговування;
- можливість передачі даних оператору за допомогою сучасних методів (наприклад, за допомогою GSM-зв'язку);
- підвищення надійності енергопостачання, висока швидкість реагування на нештатні режими роботи мережі.

Сьогодні підприємство «Таврида Електрик Україна» є найбільшим виробником вакуумного комутаційного обладнання в Україні.

Створена в даний час мережа регіональних відділень і представництв підприємства «Таврида Електрик Україна» покликана максимально задовольнити потреби наших замовників на всіх рівнях співробітництва: від разового запиту або консультації до комплексної поставки або монтажу «під ключ» силами наших фахівців [3].

Основні види діяльності:

Виробництво комутаційних модулів на базі вакуумного вимикача ВВ / TEL-10. Номінальні струми до 2000 А, струм відключення до 31,5 кА

Виробництво малогабаритних комплектних розподільних пристроїв середнього класу напруги серії з вакуумними вимикачами ВВ / TEL-10 (серії КРУ / TEL і «Вертикаль»).

Розробка проектів модернізації комплектних розподільних пристроїв середнього класу напруги з заміною вимикача на вакуумний вимикач серії ВВ / TEL-10 і заміною апаратури релейного захисту.

Виробництво вакуумного реклоузера серії РВА / TEL-10-12.5 / 630У1 зовнішньої установки для автоматичного секціонування повітряних ліній

Виробництво вакуумних реклоузера серії PBA / TEL-35-12.5 / 1250У1 зовнішньої установки для автоматичного секціонування повітряних ліній і модернізації ВРП 35 кВ [5].

Сьогодні «Таврида Електрик Україна» - це підприємство з єдиної виробничо-маркетинговою політикою, що має в своєму складі виробничі підрозділи, конструкторські бюро і розвинену мережу регіональних представництв в різних країнах світу. Прагнучи до максимальної інтеграції в світову економіку, компанія орієнтується на довгострокову програму розвитку в регіонах своїх стратегічних інтересів, спираючись на професійний колектив і партнерські зв'язки із зарубіжними і вітчизняними компаніями. Тісна співпраця з науковими колективами НТУ «Харківський політехнічний інститут», ОРГРЕС, провідними проектними організаціями і Міністерством енергетики та вугільної промисловості України дозволяє нам забезпечити не тільки випереджаюче рівень науково-технічних розробок підприємства, але і необхідний обсяг і якість процедур кваліфікаційних і приймально-здавальних випробувань [8-9].

За 20-річний період роботи в експлуатацію введено більше 500 000 вакуумних вимикачів ВВ / TEL. На базі вимикача ВВ / TEL серійно випускається малогабаритне комплектний розподільний пристрій у твердій ізоляції КРУ / TEL-10, вакуумний реклоузер PBA / TEL, а також вкатні елементи і комутаційні модулі для більш ніж 70 типів комплектних розподільних пристроїв 6-10 кВ.

«Таврида Електрик Україна» - одне з небагатьох вітчизняних підприємств, виробничі процеси якого сертифіковані на відповідність вимогам міжнародного стандарту ISO 9001: 2008 KEMA.

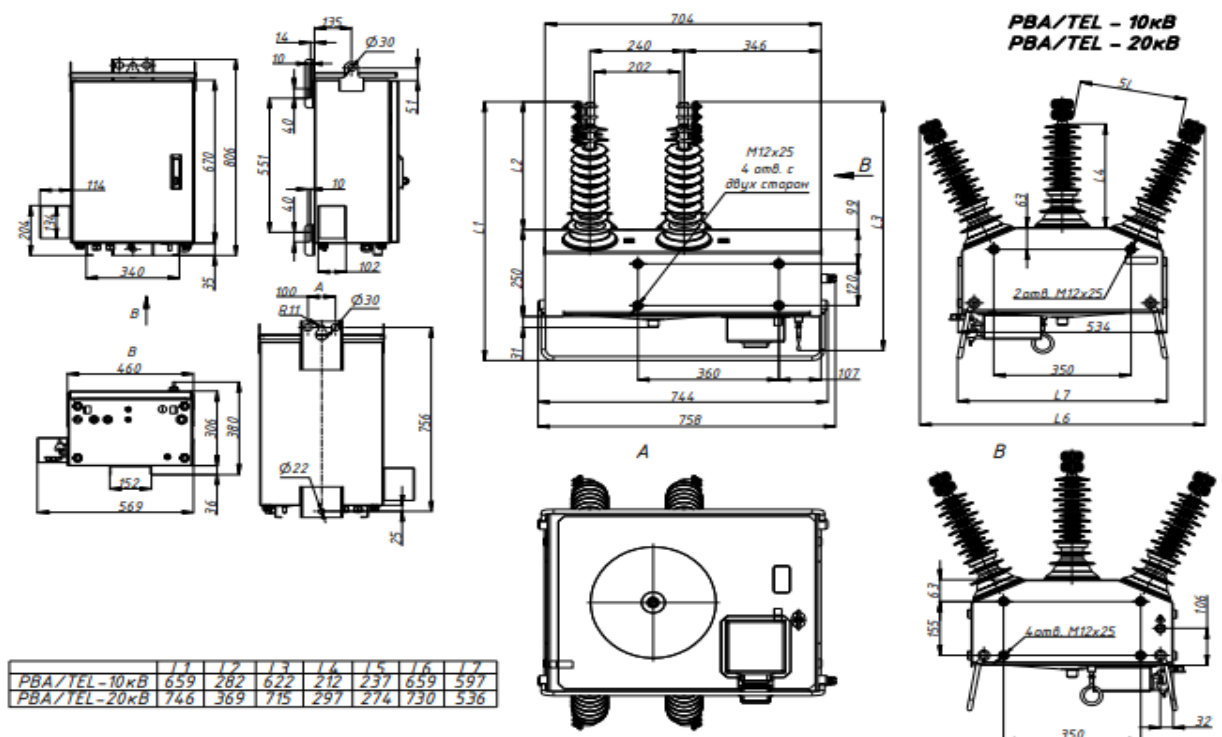
1.2 Монтаж і підключення реклоузерів в систему електропостачання.

Установка РВА / TEL на опори повітряних чинний електропередачі виробляється з користуванням монтажних комплектів виробництва Таврида Електрик. За вибором Замовлення чи можлива установка реклоузера на одну

Рисунок 1 - Креслення реклоузера РВА/TEL:

або дві залізобетонні стійки опори типу можлива установка на дерев'яні опори, залізобетонні опори круглого перетину і металеві опори.

У разі виготовлення Замовником власного монтажного комплекту в його складі необхідно використовувати усічений монтажний комплект установки комутаційного модуля і шафи управління.



Докладні рекомендації по установці РВА / TEL на опори повітряних ліній наводиться в інструкції по монтажу, що поставляється разом з кожним монтажним комплектом [7].

1.3 Експлуатація і технічне обслуговування вакуумних реклоузерів

Монтаж, огляд та експлуатація реклоузера РВА/TEL повинні проводитися відповідно до інструкції по експлуатації, інструкцією по

монтажу, а також відповідно до наступних документів: "Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів", "Метод галузевих правил з охорони праці (правила безпеки) при експлуатації електроустановок".

Cooper Power Systems, дочірня від Cooper Industries організація - глобальний виробник і постачальник силової електротехніки та комплексних рішень для утилітарних, комерційних і промислового ринку в сектори середнього і високовольтного устаткування.

Компанія поставляє великий спектр продукції і послуг, необхідних для перетворення, захисту, з'єднання і будівництва основи електросилових установок. Інтелектуальна апаратура - регулятори напруги, конденсатори, реклоузери, перемикачі, сенсори і управління - в поєднанні з дотепними програмними рішеннями і безпечної зв'язком дозволяють покупцям збільшити продуктивність, оптимізувати ефективність вкладень, поліпшити надійність системи і знизити її вартість [9].

Cooper керує стратегічним процесом викупу, щоб оптимізувати діяльність ланцюгу постачання, координуючи та залучаючи закупівлю товарів з вибраної групи переважних постачальників. Cooper Strategic Sourcing забезпечує спільний вхідний ланцюг поставок, що максимізує цінність усіх продуктів та послуг, придбаних усіма місцями по всьому світу, забезпечуючи виняткову глобальну операційну ефективність та інновації.

Cooper Strategic Sourcing використовує технологічні рішення для консолідації матеріальних та сервісних витрат по всій компанії в одну базу даних. Ця технологія допомагає зміцнювати та впливати на купівельну спроможність компанії, а також надавати видимість, щоб забезпечити придбання джерел матеріалів та послуг від бажаних постачальників.

Cooper Strategic Sourcing, спільно з лідерами відділу продажів, регіональними центрами та іншими функціональними групами, визначає та реалізує прогресивні стратегії постачання, необхідні для конкурентоспроможності та зростання компаній.

Cooper Industries прагне розвивати та підтримувати різноманітну базу постачальників. Зосереджуючи увагу на розробці та включенні всіх можливих постачальників матеріалів та послуг. Основною метою є визначення найбільш кваліфікованих постачальників, які можуть відповідати цінам, якості та вимогам доставки. Завдяки програмі "Різнорманітність постачальників" на Cooper Industries розширюється пул компанії для інноваційних ідей та високоякісних товарів та послуг, одночасно забезпечуючи можливості для економічного розвитку для малих бізнес-підприємств.

Одним з реклоузерів, що виготовляє компанія є NOVA NX-T.

Його основні особливості:

- Механічна блокування для підвищення безпеки.
- Інтегрована розподільна коробка спрощує кабельні з'єднання та доступ.
- Стандартна рамка для всіх конфігурацій.
- Кілька варіантів керування доступні.
- Додаткові параметри конфігурації доступні на заводі.
- 16 кА для додатків 15 кВ та 27 кВ з шістьма інтегрованими датчиками.
- Компактний, легкий дизайн для зручності користування та встановлення
- Точність вимірювання напруги $\pm 2,0\%$ у повному діапазоні температур на датчиках джерела та навантаження.
- Параметри готового сайту, доступні для зменшення часу і вартості встановлення.
- Нові з'єднувачі серії IV999 38999 захищають кабелі від погодних елементів.

Його розміри та зображення показано на рисунку 1.1.

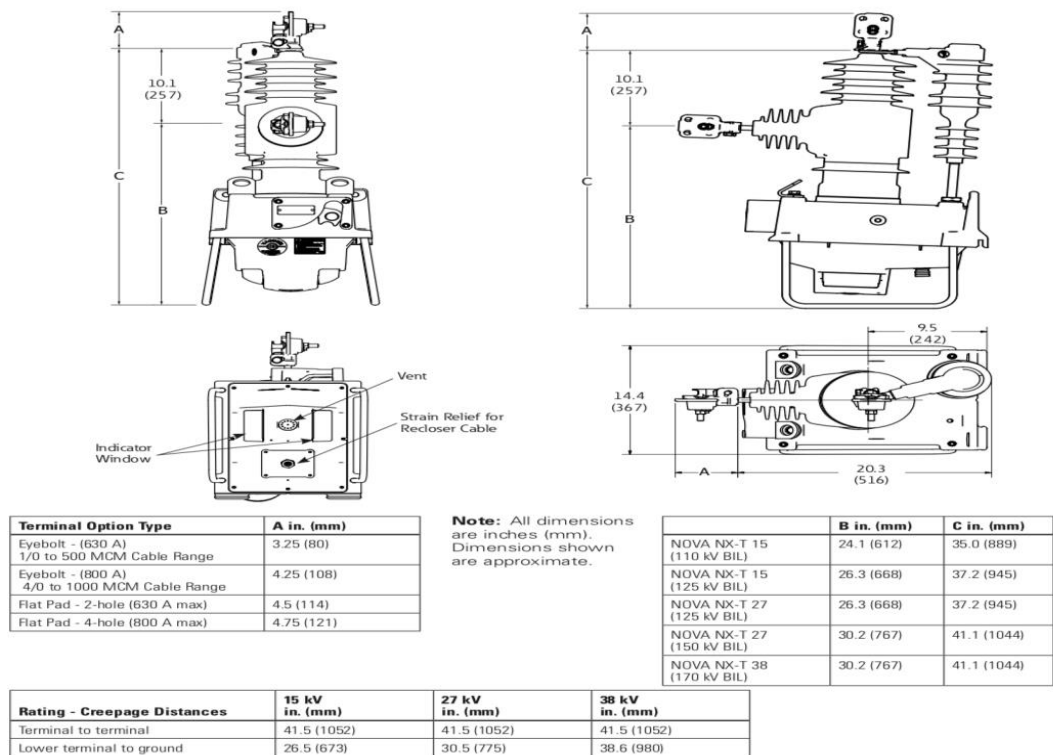


Рисунок 1.1 – Розміри та зображення Nova NX-T.



Рисунок 1.2 – Зображення реклоузера Nova NX-T

В даний час компанія АТ «Електроград» - це підприємство з більш ніж 50-річним досвідом у виробництві електротехнічного устаткування найвищої якості, що випускає більше 100 найменувань серійної продукції напругою 0,4-35 кВ. Висока якість і надійна робота виробленого обладнання досягається за рахунок використання сучасних, перш за все західно-європейських технологій [5].

Завдяки послідовним етапам технічного переозброєння, на сьогоднішній день завод оснащений найсучаснішим обладнанням провідних європейських виробників верстатобудування і здатний успішно вирішувати складні технічні завдання на ринку виробництва електротехнічного обладнання.

Основоположними принципами роботи компанії АТ «Електроград» є надійність і висока якість продукції, своєчасне і повне виконання зобов'язань перед партнерами, поставка обладнання за доступними цінами. Всі види продукції, що поставляється компанією АТ «Електроград», є результатом багаторічного досвіду наших конструкторів, технічних фахівців і експлуатаційних організацій, побажання яких ми обов'язково враховуємо при проектуванні обладнання [6].

Всі види продукції, що випускається заводом продукції, повністю відповідають чинним стандартам, що підтверджується сертифікатами ГОСТ Р, УкрСЕПРО і міжнародним сертифікатом ISO 9001.

На даний компанія готова запропонувати більше 200 найменувань електротехнічної продукції:

Пристрої для комплектування розподільних трансформаторних підстанцій 6 -10 (35) кВ (КСВ-298ЕД, КСВ-393М (В), КВ-204 (КМ), КРУ-2-10, КРПЗ-6,10 (35) кВ,, КСВ 208 ЕД 35кВ);

Промислові підстанції КТПП 6 (10) / 0,4;

Комплектні трансформаторні підстанції (БКТП, КТПН, КТПГС, КТПМ- (К), КТПП, ПКТП).

Розглянемо реклоузер типу ПКУ-(С)-6(10)КВ.

Для установки ПКУ на опорі повітряної ЛЕП передбачений монтажний комплект (далі - МК) у складі [7]:

- кріплення ВМ на опорі;
- кріплення ШУ на опорі;
- кріплення кабелю з'єднувального.

- комплект установки ОПН
- кронштейн РЛНД

Конструкція високовольного модуля секціонування з використанням вакуумного реклоузера.

Корпус високовольного модуля (ВМ) виконаний з листової сталі, покритої полімерною порошковою фарбою, попередньо оцинкований гарячим або холодним способом. Виконання корпусу не нижче IP 54. Кришка ВМ і прохідні ізолятори герметизуються кремнійорганічною гумою. Конструкцією ВМ передбачені:

- люк для виробництва технологічних операцій всередині ВМ;
- рами для установки 3/6 обмежувачів перенапруги;
- вибуховий клапан;
- вбудована стрілка вказівки вкл / відкл (стрілка жорстко пов'язана з валом вакуумного вимикача);
- дренажний клапан;
- коуш (кільце) ручного відключення.



Рисунок 1.3– зовнішня конструкція високовольтного модуля ПСС-10

Усередині корпусу високовольтного модуля розміщені:

Вакуумний вимикач. Використовуваний в ПСС-10 малогабаритний вакуумний вимикач виконаний на клас напруги 10 кВ. Управління вимикачем здійснюється електромагнітним приводом з механічною клямкою.

Трансформатори струму. Для організації струмових захистів застосовуються типові рішення на шинних трансформаторах струму, встановлюваних на прохідних ізоляторах реклоузера [8].

Трансформатори / датчики напруги. Для організації захисту по напрузі та організації оперативного живлення в ПСС-10 застосовуються один або два трансформатора власних потреб (ТСН), в базовому варіанті, розміщених всередині ВМ.

В якості вводів / виводів застосовані полімерні прохідні ізолятори, або ізолятори, виготовлені із застосуванням циклоаліфатичних епоксидних смол.

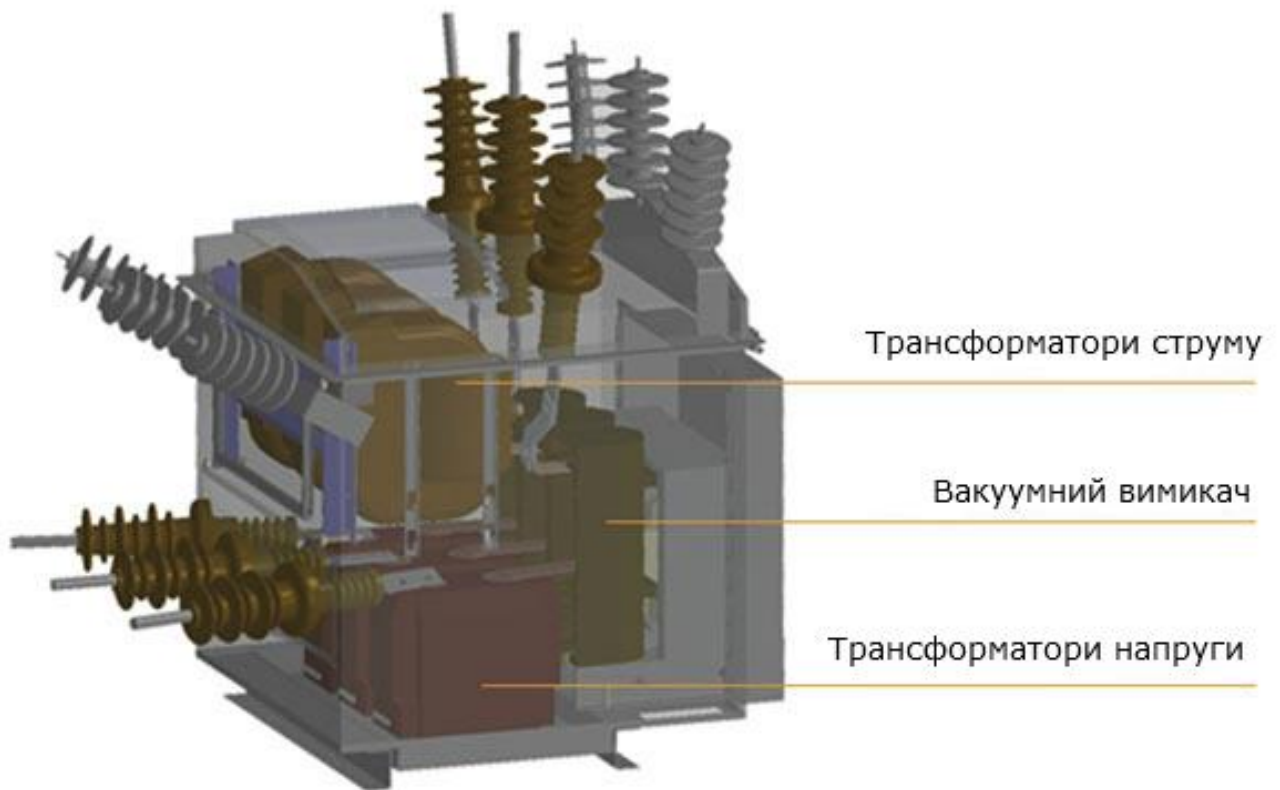


Рисунок 1.4– внутрішня конструкція високовольтного модуля ПСС-10

Конструкція високовольтного модуля ПСС-10 (БК) (відкритого типовиконання).

Роль високовольтного модуля реклоузера ПСС-10 (БК) виконує вакуумний вимикач (ВВ) зовнішнього виконання УХЛ1 на напругу 10 кВ. Вакуумний вимикач являє собою конструкцію з трьох полюсів, розміщених на загальній основі (металевому кожусі) прямокутної форми з нержавіючої сталі.

Кожен полюс має захисну полімерну кремнійорганічну ізоляцію і є комутаційним вузлом, що включає в себе малогабаритну вакуумну дугогасильну камеру, ізоляційні елементи і струмоведучі шини. На струмоведучих шинах полюсів вакуумного вимикача встановлені трансформатори струму [4].

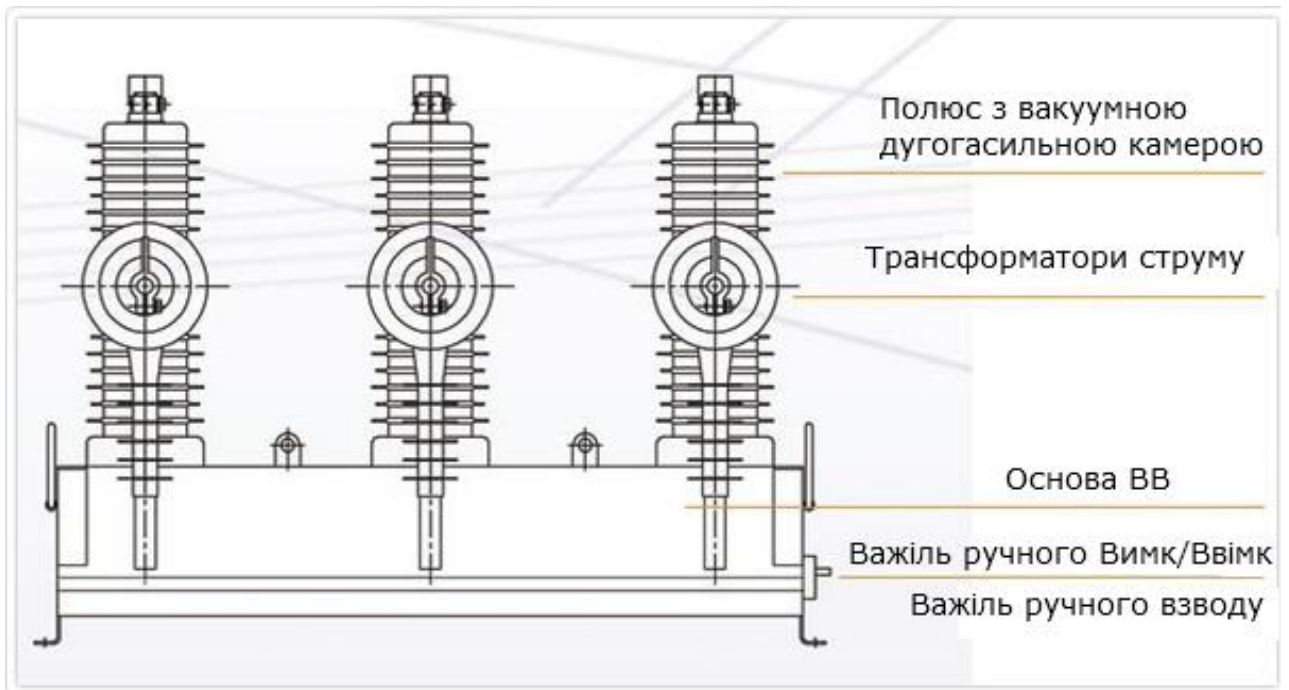


Рисунок 1.5—конструкція високовольтного модуля ПСС-10 відкритого типу.

Передбачено використання малогабаритних датчиків напруги відкритого виконання. Управління вакуумним вимикачем здійснюється приводом, розташованим всередині основи (кожуха). Тип приводу може бути як пружинно-моторним, так і електромагнітним.

На одній із сторін підстави вакуумного вимикача розміщені показчик стану вимикача ("В" / "О"), важіль ручного механічного включення / відключення, важіль ручного взводу пружини (при використанні пружинно-моторного приводу).

Конструкцією ВМ відкритого типовиконання передбачена установка обмежувачів перенапруги і трансформаторів власних потреб, розміщених на спеціальних кронштейнах, окремо від ВР [4].

1.5 Конструкція низьковольтного модуля секціонування з використанням вакуумного реклоузера

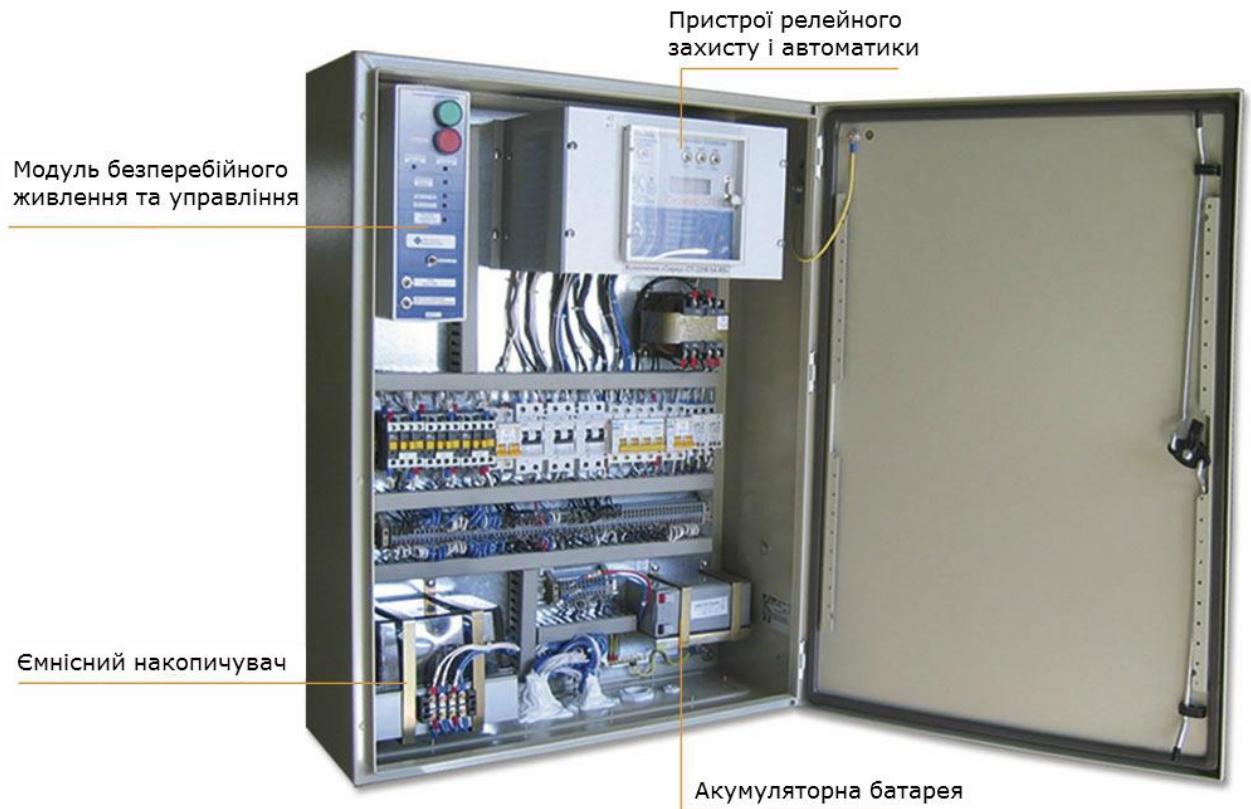


Рисунок 1.6—конструкція низьковольтного модуля ПСС-10.

Корпус низьковольтного модуля (НМ) являє собою металеву шафу навісного виконання з герметичними дверима, що закриваються на замок. Виконання корпусу не нижче IP65.

У нижній частині корпусу НМ встановлені роз'єми для підключення з'єднувального кабелю, що здійснює зв'язок між низьковольтним і високовольтним модулем, а також передбачені сальники для підключення кабелів управління і сигналізації по дискретним входам / виходам до шафи телемеханіки [10].

На задній стінці корпусу НМ розміщені кронштейни для кріплення низьковольтного модуля на опорі ПЛ.

Усередині низьковольтного модуля реклоузера розташовані пристрої, що забезпечують управління вимикачем, роботу релейного захисту та протиаварійної автоматики, зарядку вбудованого акумулятора, пристрої зовнішніх комунікацій.

Пристрої релейного захисту та автоматики (РЗА) може бути виконанні як із застосуванням різних типів цифрових мікропроцесорних пристроїв, так і на базі класичного релейного захисту.

Модуль безперебійного живлення і управління забезпечує: автоматичний перехід на резервне живлення від акумуляторної батареї (АКБ), оптимальний заряд АКБ, обмеження глибокого розряду АКБ в "резервному режимі". Напруга АКБ - 12 В. Термін служби 10 років. У разі тривалої відсутності напруги в ПЛ і повної розрядки АКБ, низьковольтний модуль додатково забезпечується комплектом проводів для підключення будь-якого зовнішнього акумулятора 12 В [11].

Ємнісний накопичувач електричної енергії виконує функцію накопичувача енергії для включення / відключення вакуумного вимикача.

Прилади зовнішніх комунікацій. Для телеуправління та отримання інформації про роботу реклоузера в штатному і аварійному режимах, а також для передачі повідомлень про несанкціоноване проникнення в низьковольтний модуль реклоузера, використовуються телекомунікаційне обладнання та спеціальна апаратура зв'язку.

Для підключення пристроїв дистанційного керування в низьковольтному модулі, на клемник виведені інтерфейси RS-485, а також дискретні входи / виходи мікропроцесорного захисту.

В районах з холодним кліматом рекомендується застосування автоматичної системи обігріву низьковольтного модуля [4, 5].

Особливості технічних параметрів вакуумних реклоузерів

Розглянемо вакуумний вимикач VD4 концерну «ABB». Дані вимикачі

VD4 (див. рис.1.7) Призначені для внутрішньої установки в осередку розподільних пристроїв з повітряною ізоляцією. Вимикачі VD4 використовуються при розподілі електроенергії для захисту кабелів, повітряних ліній, трансформаторів, розподільних підстанцій, двигунів, генераторів і конденсаторних батарей. Вони володіють високою комутаційною здатністю, яка гарантує надійну роботу, як у нормальному, так і в аварійному режимі. Вакуумні вимикачі VD4 мають колонкову конструкцію. Новий VD4 - синтез нової технології виготовлення полюсів із заливкою вакуумних дугогасильних камер в полюса і сучасного конструювання і виробництва вимикачів. У вимикачах середньої напруги VD4 застосовані вакуумні камери, залиті в епоксидні полюса. Заливка камер в епоксид робить полюса дуже міцними і захищає камеру від ударів, забруднення і зволоження. Вакуумна камера містить контакти. Вимикачі поставляються у вигляді окремих апаратів для стаціонарного монтажу або змонтовані на викочування елементі.



Рисунок 1.7 – вакуумний вимикач VD4

Основними перевагами даних вакуумних комутаційних пристроїв є:

- велика довговічність;
- висока експлуатаційна надійність;
- компактна конструкція і невелика вага;
- проста методика перевірки і мінімальні вимоги до технічного обслуговування;
- велике допустиме число комутацій.

Відключення струму у вакуумі. Вакуумному вимикачеві не потрібна дугогасильне і ізоляційне середовище, оскільки дугогасильні камери не містять іонізуючих матеріалів. Завжди при розмиканні контактів дуга горить виключно в парах матеріалу контактів, які нею розплавляються і випаровуються. Пари металу зберігаються, підтримувані тільки зовнішньою енергією, до переходу струму через природний нуль. До цього моменту зменшується інтенсивність випаровування і росте швидкість конденсації парів металу, що веде до дуже швидкого відновленню електричної міцності. Внаслідок цього, вакуумна дугогасильні камери відновлює ізоляційну здатність, здатність витримувати перехідну відновлювальну напругу і відбувається остаточне гасіння дуги. Так як електрична міцність у вакуумі може бути досягнута навіть при мінімальних відстанях між контактами, відключення ланцюга гарантується також, коли розмикання контактів відбудеться за кілька мікросекунд до переходу струму через нуль. Спеціальні матеріали і конструкція контактів добре обмежують тривалість і напругу дуги, гарантуючи мінімальний знос контактів і великий ресурс. Крім цього, вакуум перешкоджає їх окисленню і руйнуванню [6, 7].

Конструкція полюсів вимикача. Полюса вимикача змонтовані на задній частині корпусу приводу, яка має форму консолі. Із застосуванням нових технологій знаходяться під напругою деталі полюсів залиті в епоксидну смолу, а у вимикачів з високими параметрами - встановлені в відлиті з епоксидної смоли корпусу. Завдяки цьому вакуумні камери захищені від ударів і інших зовнішніх впливів. При включеному вимикачеві струм йде від

верхнього виведу вимикача до нерухомого контакту вакуумної дугогасильної камери, а звідти через нерухомий контакт до нижнього виводу вимикача. Відключення вимикача відбувається за допомогою ізоляційних сполучних тяг зі вставленими контактними пружинами стиснення. Розріз вакуумного вимикача типу VD4 представлений на (рис.1.8). У вакуумних камерах при розмиканні контактів виникає дуга у вакуумі, яка зберігається до переходу струму через нуль і може бути схильна до впливу магнітних полів. Конструкція вакуумної дугогасильної камери показана на (рис.1.9).

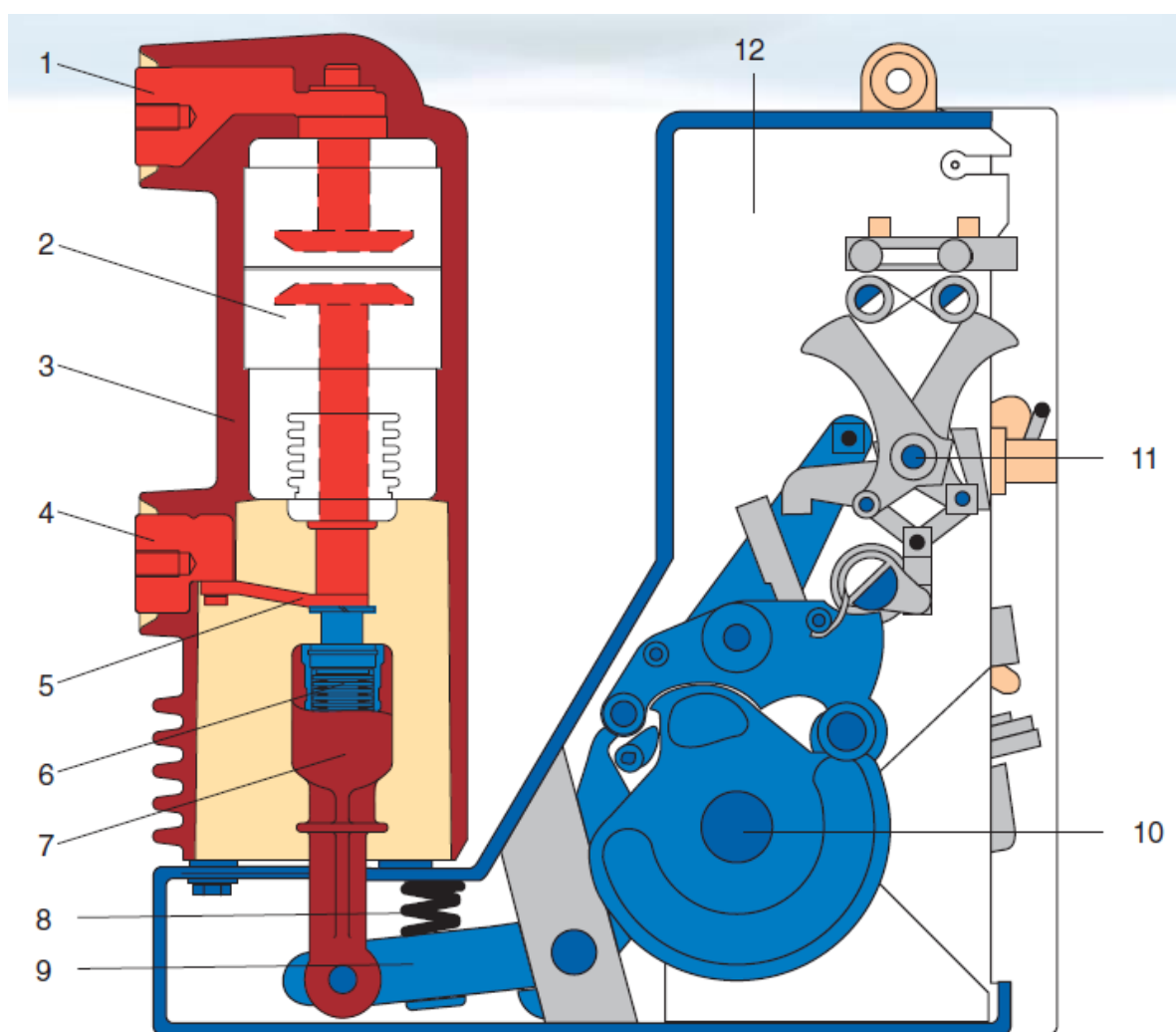


Рисунок 1.8 - Розріз вакуумного вимикача VD4 с залитими полюсами

1 – верхній вивод вимикачі; 2 – вакуумна дугогасильна камера; 3 – корпус полюса; 4 – нижній вивод вимикача; 5 – гнучкий контакт-стрічка (для 630 А); 6 – контактна пружина зжимання; 7 – ізоляційна з’єднувальна тяга; 8

– вимикаюча пружина; 9 – передаточний важіль 10 – вал привода; 11 – механізм роз’єднання; 12 – корпус привода з пружинним накопичувальним механізмом.

Дуга у вакуумі - дифузна або стисла. Слідом за розмиканням контактів на однорідній поверхні катода, виникаючі окремі розплавлені точки виділяють розплавлений метал, який підтримує дугу. Дифузна дуга у вакуумі характеризується поширенням над контактною поверхнею і рівномірним розподілом теплового навантаження по поверхні контактів. При номінальному струмі вакуумної камери електрична дуга завжди дифузного типу. Ерозія контактів незначна і число відключень струму дуже велике. При збільшенні відключався струму електрична дуга перетворюється з дуги дифузного типу в дугу стисненого типу завдяки ефекту Холла [7, 8].

Виникши на аноді, дуга стискається. Відбувається збільшення температури в результаті теплового навантаження на контакти. Дуга обертається для запобігання перегріву і ерозії контактів.

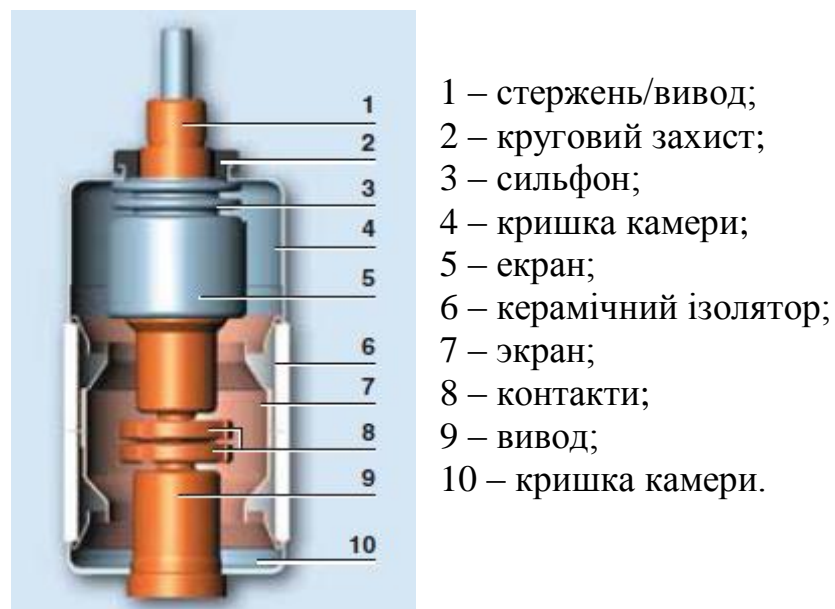


Рисунок 1.9 – вакуумна камера

Особлива спіральна геометрія контактів вакуумних камер «ABB» створює радіальне магнітне поле у всій області знаходження стовбура дуги,

наявного по колу контактів. Електромагнітна сила є самогенеруючою і діє тангенціально, викликаючи швидке обертання дуги навколо осі контакту. Таким чином, дуга примусово обертається і охоплює велику поверхню, у порівнянні з фіксовано стислою дугою. Крім мінімізації термічного навантаження на контакти, все це робить їх ерозію незначною, а все разом дозволяє відключати навіть дуже великі струми КЗ. Вакуумні камери АВВ відключають в нуль струму без повторних пробоїв. Швидке зменшення заряджених частинок в струмі і конденсації пари металу спільно з переходом струму через нуль дозволяють досягти максимальної електричної міцності між контактами камери протягом мікросекунд.

Конструкція приводу вимикача. Пружинний привід є загальним для всіх трьох полюсів вимикача. Взводом пружинного механізму акумулюється необхідна для комутацій енергія, і привід готовий до роботи. Пружинний привід складається з циліндричного корпусу, в який вставлена спіральна пружина накопичувального механізму, для передачі енергії на рухливі контакти вимикача. Крім того, є наступні додаткові пристрої: розмикачі, допоміжні перемикачі, а також елементи для управління та індикації, поміщені на передній стороні корпусу приводу. Привід може використовуватися для повторного включення, а враховуючи нетривалий час накопичення, для багаторазового повторного включення. У вимикача в базовому виконанні пружинний накопичувальний механізм зводиться електродвигуном, а при відсутності живлячої привід напруги може бути зведений вручну [1-3].

1.7 Методика вибору вакуумного реклоузера.

Вимикач, що вибирається повинен працювати без пошкодження в найбільш важкому за умовами експлуатації режимі роботи мережі. Тому вибір вимикача, здатного безвідмовно працювати протягом всього терміну експлуатації мережі, рекомендується проводити за наступним описом.

Слід провести порівняння номінальних параметрів вибраного типу вимикача з параметрами електричної мережі в місці його установки: номінальна напруга вимикача повинна бути рівна або більше номінальної напруги мережі, що захищається; його номінальний тривалий струм повинен перевищувати номінальний струм електроустановки; номінальний струм вимикання вимикача повинен бути більше максимального розрахункового струму КЗ I_k у момент контактів [3-5].

При визначенні струму I_k повинні розглядатися всі можливі варіанти КЗ і з них повинен бути вибраний найбільш важкий, яким звичайно є режим відключення трьох- і однофазного КЗ на землю. Розрахунок аперіодичної складової повинен проводитися з урахуванням того, що КЗ відбулося в мить, коли напруга в одній з фаз рівна нулю. Номінальний струм вмикання вимикача повинен бути не меншим, ніж протікаючий через вимикач ударний струм КЗ.

Крім того, при виборі вимикача слід мати на увазі, що у момент розмикання контактів вимикача аперіодична складова струму КЗ не повинна перевищувати аперіодичний струм, гарантований заводом-виробником. Зазвичай цей струм виражається у відсотках номінального струму вимикання. Розрахунковий час розмикання контактів вибирається мінімально можливим.

Разом з номінальним струмом вимикання повинні враховуватися цикли (послідовність вмикань (В) і вимикань (О) – В), при яких вимикач працює. Номінальний струм вимикання вимикачів без АПВ гарантується при циклі О -180-ВО-180-ВО.

Термічна стійкість перевіряється з умови протікання через вимикач струму КЗ протягом максимального часу, обумовленого спрацюванням захисту. Номінальний струм електродинамічної стійкості вимикача повинен перевищувати максимально можливе значення ударного струму КЗ, яке може бути в електроустановці.

Вимикачі, що випускаються промисловістю, випробовуються при типових швидкостях відновлення напруги. Тому звичайно немає необхідності проводити розрахунок швидкості відновлення напруги в проєктованих мережах і порівнювати з умовами, які мали місце при випробуваннях апарату [2-5].

Висновки.

Виняткова функціональність релейного захисту та автоматики , значне скорочення часу пошуку і локації пошкодження, значні можливості діагностики параметрів режимів роботи мережі , здатність інтегруватися в будь-які системи телемеханіки дають змогу використовувати реклоузери для вирішення найрізноманітніших завдань автоматизації режимів та керування розподільними електричними мережами.

2. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ЗАСТОСУВАННЯ СЕКЦІОНУЮЧИХ ПУНКТИВ З ВИКОРИСТАННЯМ РЕКЛОУЗЕРІВ.

2.1 Загальна частина.

На ВЛ 6-35 кВ рекомендується застосування секціонуючих пунктів(далі реклоузер) виконаних у вигляді комутаційного модуля зі вбудованими датчиками струму і напруги, що виконує функції релейного захисту, автоматики, контролю якості і обліку електроенергії, моніторингу параметрів мережі.

У цьому розділі розглядається найбільш ефективні варіанти установки реклоузерів в мережі 6-35 кВ, що забезпечують підвищення надійності електропостачання споживачів при кільцевому і радіальному електропостачанні. Так само представлений спосіб кріплення устаткування на опорі(ах).

Пропонується розразунок рішення по облаштуванню реклоузерів на основі типових рішень виробників, що найчастіше зустрічаються на об'єктах України.

2.1. Обґрунтування використання реклоузерів.

Враховуючи що реклоузер призначений для автоматичного відключення, а також повторного включення ланцюга змінного струму в режимах КЗ і без КЗ по заздалегідь заданій послідовності циклів відключення і включення з подальшим поверненням функції АПВ в початковий стан, збереженням включеного положення або блокуванням у відключеному положенні [3, 5].

Реклоузер виконує автоматичне відключення пошкодженої ділянки, автоматичне повторне включення лінії (АПВ), автоматичне відновлення живлення на неушкоджених ділянках мережі (АВР), оперативні перемикання в розподільній мережі (місцева і дистанційна реконфігурація), збір, обробку і передачу інформації про параметри режимів роботи мережі і стан власних елементів.

Застосування реклоузерів є одним з найбільш ефективних способів підвищення надійності розподільної мережі, оскільки дозволяє радикально скоротити кількість і тривалість перерв електропостачання споживачів без глобальної модернізації мережі, тобто оптимальними засобами.

Вплив реклоузерів на надійність розподільної мережі досягається:

а) зниженням кількості відключень при нестійких ушкодженнях - застосування реклоузерів з двократним АПВ дозволяє підвищити вірогідність усунення нестійких ушкоджень від 20% (якщо на головному вимикачі одноразове АПВ) до 80% (якщо на головному вимикачі АПВ відсутній).

б) скороченням зони поширення аварії - застосування реклоузерів дозволяє відключати тільки споживачів пошкодженої ділянки, зберігаючи живлення споживачам неушкоджених ділянок.

в) зниженням часу ліквідації аварії - процес відновлення електропостачання споживачів після виникнення аварійної ситуації зазвичай складається з наступних операцій:

- пошук пошкодженої ділянки;
- виділення пошкодженої ділянки;
- відновлення електропостачання споживачів, підключених до неушкоджених ділянок;
- пошук місця ушкодження;
- проведення ремонтних робіт;
- відновлення початкової схеми електропостачання.

Приблизно 60% часу відновлення електропостачання витрачається на пошук, виділення пошкодженої ділянки і відновлення електропостачання споживачів, підключених до неушкоджених ділянок мережі, а 40% - на пошук місця ушкодження, проведення ремонтних робіт і відновлення початкової схеми [6].

Застосування реклоузерів дозволяє автоматизувати перший етап і таким чином скоротити загальний час відновлення електропостачання в межах на 60%.

Приклад загального вигляду реклоузера встановленого на 1-й опорі представлений на рис. 2.1.

Приклад загального вигляду реклоузера встановленого на 2-х опорах представлений на рис. 2.2.

Приклад загального вигляду реклоузера представлений на (рис. 2.3).

При установці реклоузерів необхідно враховувати умови застосування фундаментів, які визначаються проектною документацією з урахуванням вимог діючих НТД залежно від результатів досліджень ґрунтів (інженерно-геологічних, гідрогеологічних і інших досліджень) в місцях їх установки. Після аналізу стану ґрунтів приймається рішення варіанту установки устаткування на прикладах (рис. 2.1-2.3).

При виборі типу фундаменту опори реклоузера слід віддавати перевагу фундаментам, що чинять найменшу руйнівну дію на структуру ґрунтів.

Спосіб закріплення в ґрунті фундаментів реклоузерів має бути максимально уніфікований і відповідати проекту.

Місце установки обмежувачів перенапруження визначається і уточнюється розрахунками на стадії розробки проектної документації (для схемних рішень (рис. 2.1-2.3).

Місце установки обмежувачів перенапруження визначається і уточнюється розрахунками на стадії розробки проектної документації (для схемних рішень (рис. 1.1-1.3).

2.2. Практична реалізація застосування реклоузерів.

Підвищення надійності фідера:

- Радіальний фідер.

Ймовірностна задача, часті перерви електропостачання споживачів фідера в результаті аварійних відключень. Потрібно підвищення надійності електропостачання усіх споживачів фідера [2].

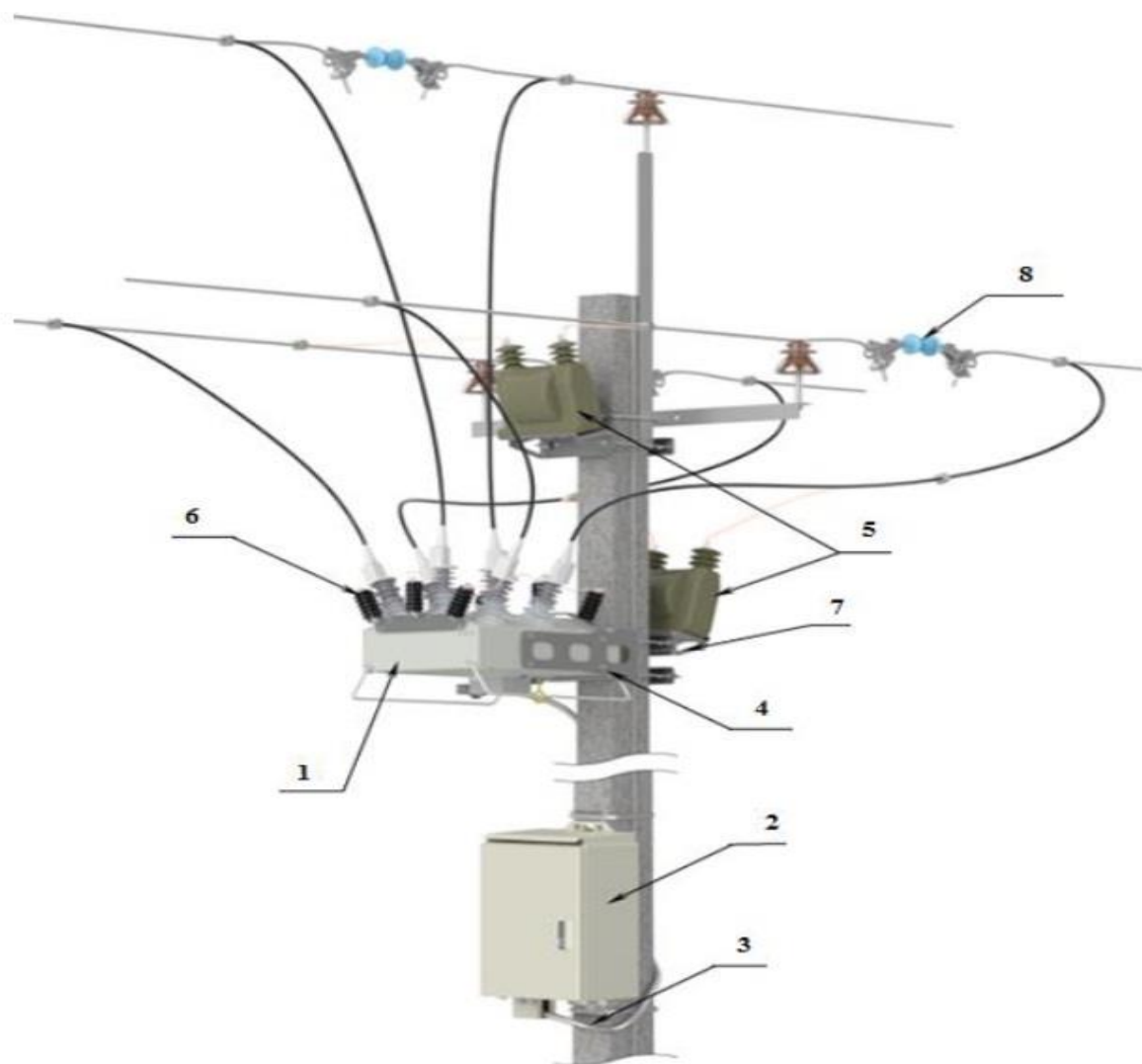


Рисунок 2.1.- Загальний вигляд реклоузера встановленого на 1-ій опорі, де: 1 - комутаційний модуль зі вбудованими датчиками струму і напруги (1 шт), 2 - шафа управління (1 шт), 3 - сполучний пристрій (1 шт), 4 - монтажний комплект (1 шт), 5 - трансформатор власних потреб (1 або 2 шт), 6 - обмежувач перенапружень (6 шт), 7 - монтажний комплект трансформатора власних потреб (1 або 2 шт), 8 - ізолятор (3 шт).

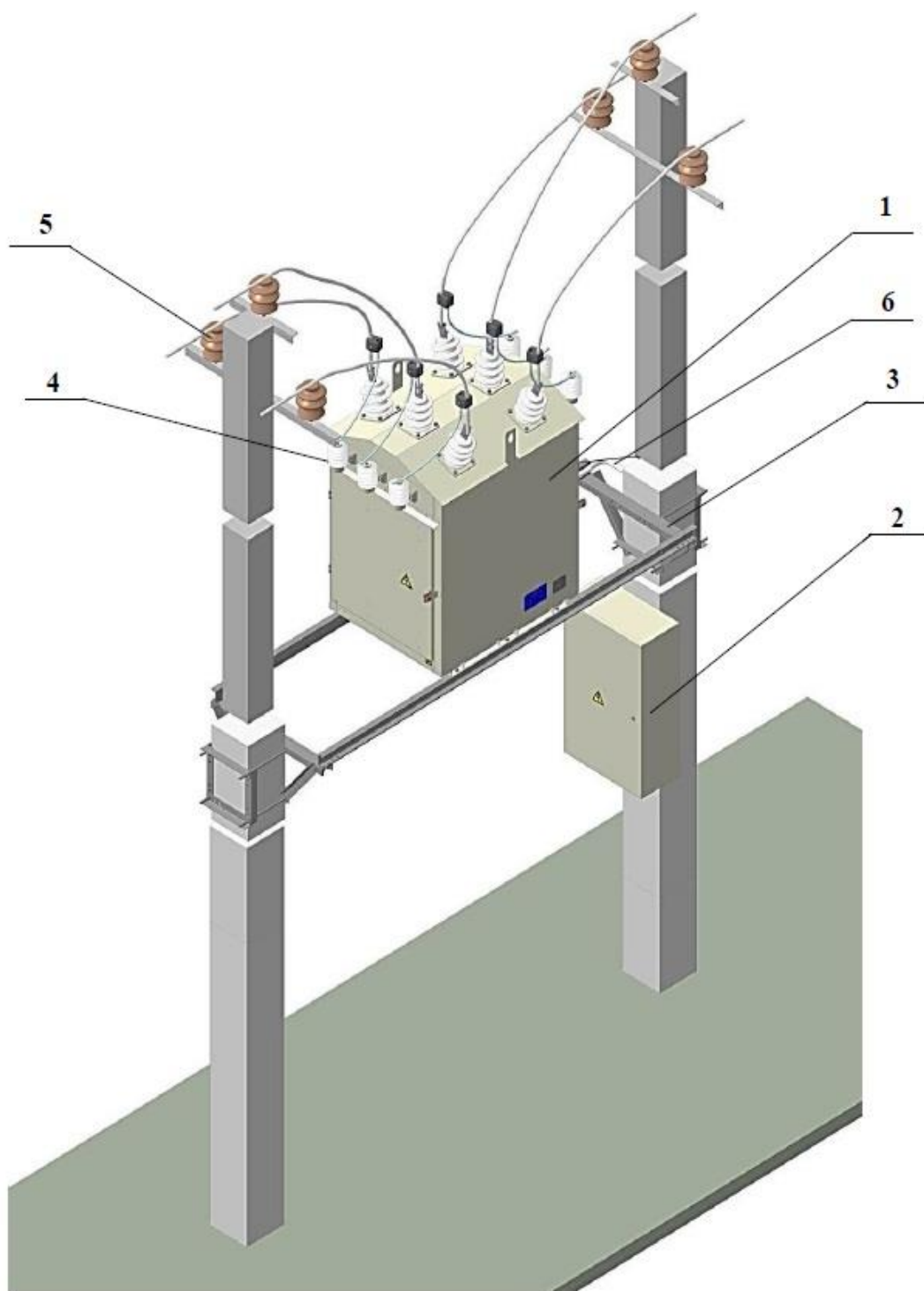


Рисунок 2.2 - Загальний вигляд реклоузера встановленого на 2-х опорах, де: 1 - комутаційний модуль зі вбудованими датчиками струму і напруги (1 шт), 2 - шафа управління (1 шт), 3 - монтажний комплект (1 компл.) 4 - обмежувач перенапружень (6 шт), 5 - ізолятор (6 шт.), 6 - контур заземлення (1 компл.).

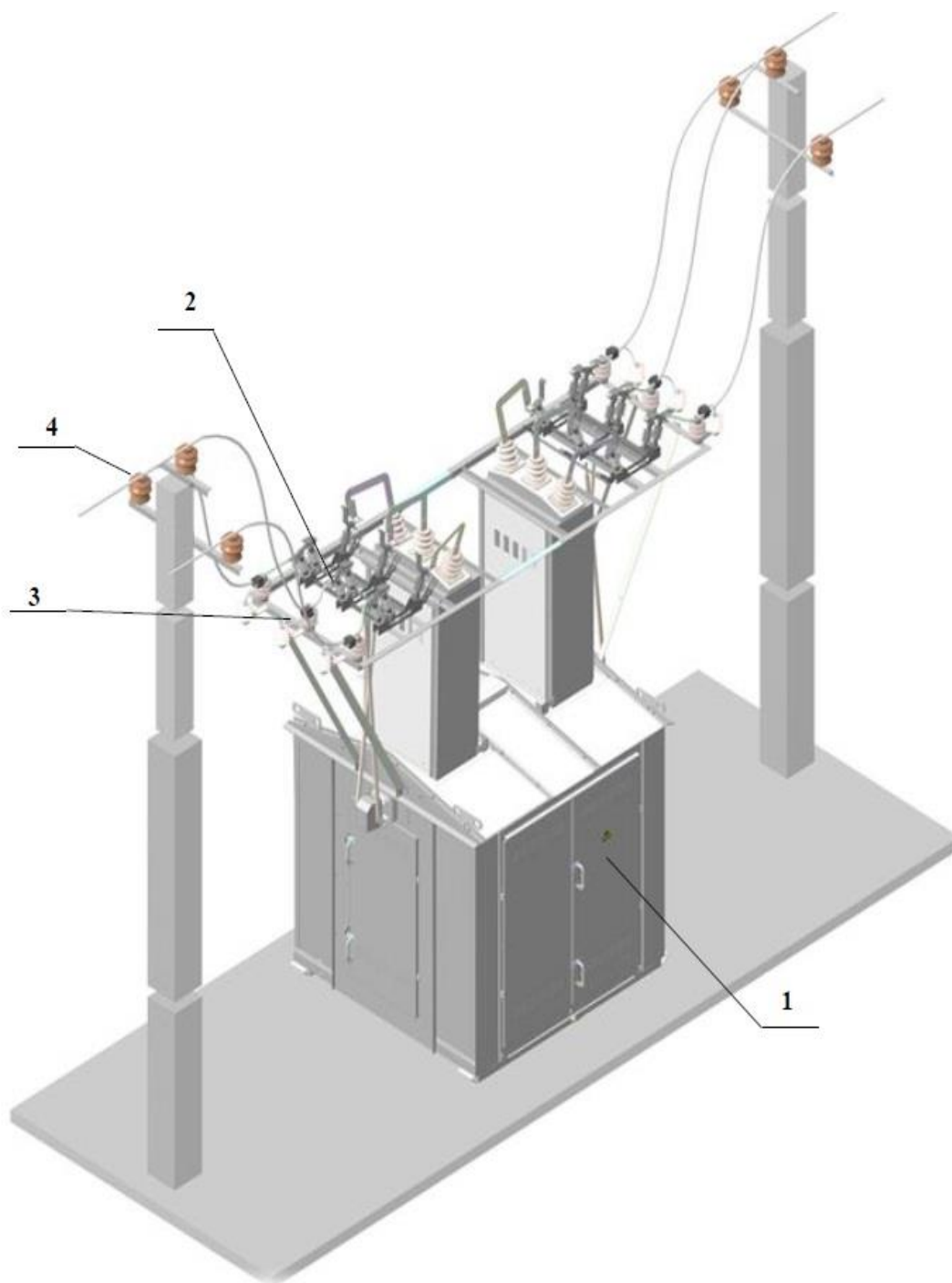


Рисунок 2.3 - Загальний вигляд реклоузера, де: 1 - комутаційний модуль зі вбудованими датчиками струму, напруга і шафою управління (1 шт), 2 - роз'єднувач 3-х фазний (2 шт.) 3 - обмежувач перенапружень (6 шт), 4 - ізолятор (6 шт.)

Варіанти вирішення, установка реклоузерів для секціонування фідера (рис. 2.4).

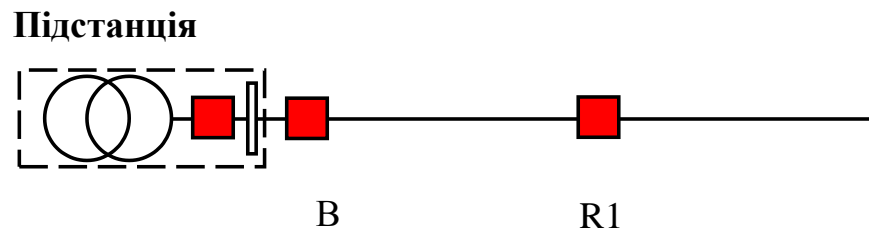


Рисунок 2.4 - Установка реклоузерів для підвищення надійності радіального фідера.

- Кільцевий фідер.

Часті перерви електропостачання споживачів фідера в результаті аварійних відключень. Потрібно підвищення надійності електропостачання усіх споживачів фідера.

Установка реклоузерів для секціонування фідера (рис. 2.5).

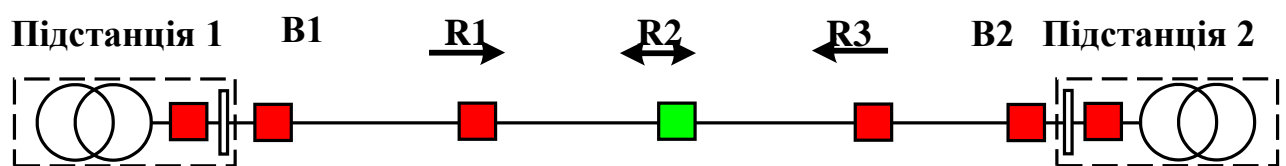


Рисунок 2.5. - Установка реклоузерів для підвищення надійності кільцевого фідера.

Підвищення надійності відповідального споживача:

- Радіальний фідер.

Часті перерви електропостачання споживачів фідера в результаті аварійних відключень. Потрібно підвищення надійності електропостачання окремого відповідального споживача (групи споживачів).

В разі такої проблеми рекомендується установка реклоузерів для виділення відповідального споживача (групи споживачів) від іншої частини мережі (рис. 2.6). Кількість і місця установки реклоузерів вибираються так, щоб відповідальний споживач був підключений до ділянки мережі найменшої протяжності [5-8].



Рисунок 2.6.- Установка реклоузерів для підвищення надійності відповідального споживача на радіальному фідері.

- Кільцевий фідер.

Розповсюджена проблема - часті перерви електропостачання споживачів фідера в результаті аварійних відключень. Потрібно підвищення надійності електропостачання окремого відповідального споживача (групи споживачів).

Пропонуємо рішення (для однострансформаторних ТП): установка реклоузерів для виділення відповідального споживача (групи споживачів) від іншої частини мережі (рис. 2.7). У магістраль з обох боків від відпаювання до відповідального споживача встановлюється два реклоузери, на одному з реклоузерів робиться нормальний розрив. Таким чином, відповідальний споживач втрачає живлення тільки у разі ушкодження на відпаюванні [7-9].

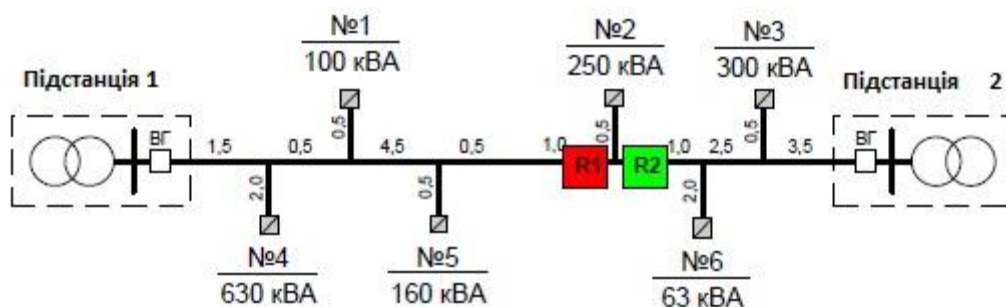


Рисунок 2.7.- Установка реклоузерів для підвищення надійності відповідального споживача на кільцевому фідері.

Альтернативний варіант (для двохтрансформаторних ТП): установка реклоузерів для забезпечення гарантованого живлення відповідального споживача (рис. 2.8). Один реклоузер встановлюється в магістралі між двома трансформаторами, другий реклоузер встановлюється виходячи із

забезпечення максимальної надійності інших споживачів фідера. На одному з реклоузерів робиться нормальний розрив. Таким чином, при будь-якому ушкодженні на фідері відповідальний споживач зберігає живлення. За наявності АВР на стороні 0,4 кВ таке рішення застосовне для споживачів I категорії [2, 7].

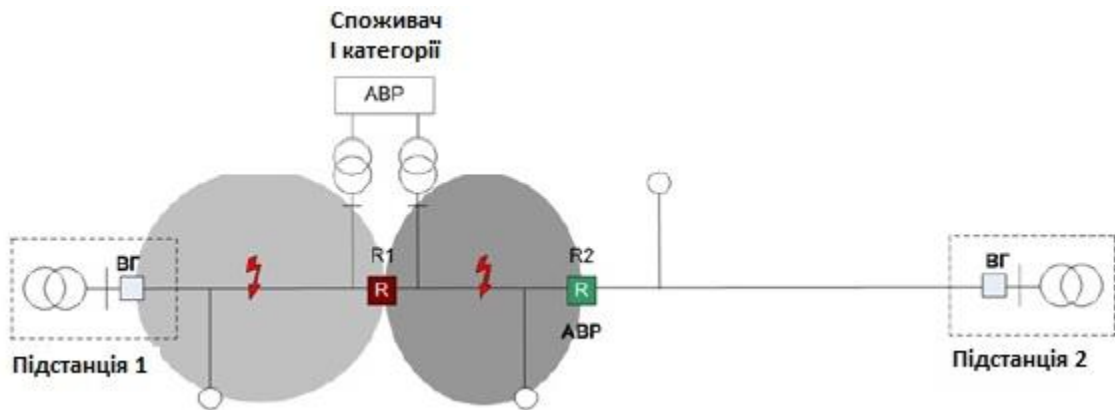


Рисунок 2.8 - Установка реклоузерів для підвищення надійності відповідального споживача на кільцевому фідері.

Підключення нового споживача, розмежування балансової приналежності

В разі підключення нового споживача зі збереженням поточних показників надійності.

В цьому випадку, установка реклоузерів в точці підключення нового споживача або розмежування балансової приналежності не погіршує надійність фідера в цілому (рис. 2.9).

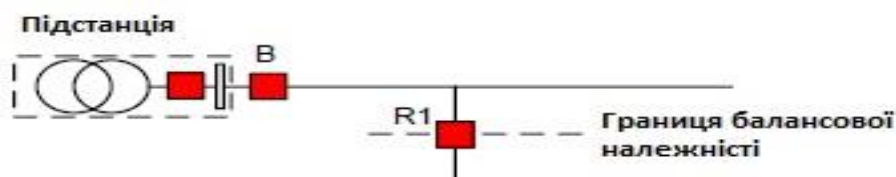


Рисунок 2.9. – Установка реклоузерів для підключення нових споживачів.

Організація мережевого резервування.

Часті перерви електропостачання споживачів фідера в результаті аварійних відключень у вищестоящій мережі (погашення джерела живлення). Потрібно підвищення надійності електропостачання споживачів фідера [3, 6].

Єдиний спосіб вдосконалення електропостачання - установка реклоузера для організації мережевого резервування (рис. 2.10). Реклоузер встановлюється в точку нормального розриву, реалізовується функція АВР. Таким чином, при погашенні джерела живлення усі споживачі фідера будуть перезапитані від резервного джерела. При цьому для реалізації цього рішення необхідно, що на головних вимикачах була реалізована ЗМН (інакше для реалізації ЗМН потрібна установка реклоузерів поблизу головних вимикачів).

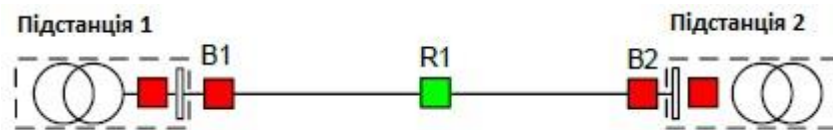


Рисунок 2.10. - Установка реклоузерів для підвищення надійності при організації мережевого АВР.

Вибір оптимальної кількості реклоузерів.

Існують певні обмеження по оптимальній кількості реклоузерів, яке потрібно для підвищення надійності. Для демонстрації цих обмежень використовуються показники RNRE і ARAE (показники, що характеризують відносну ефективність реконструкції мережі Relative Network Reconstruction Efficiency). На (рис. 2.11) приведена залежність показників RNRE і ARAE від кількості встановлюваних реклоузерів для радіального фідера.

$$RNRE = 1 - (SAIFI / SAIFI(0));$$

де, SAIFI (0) - показник надійності початкової мережі;

SAIFI - показник надійності модернізованої мережі.

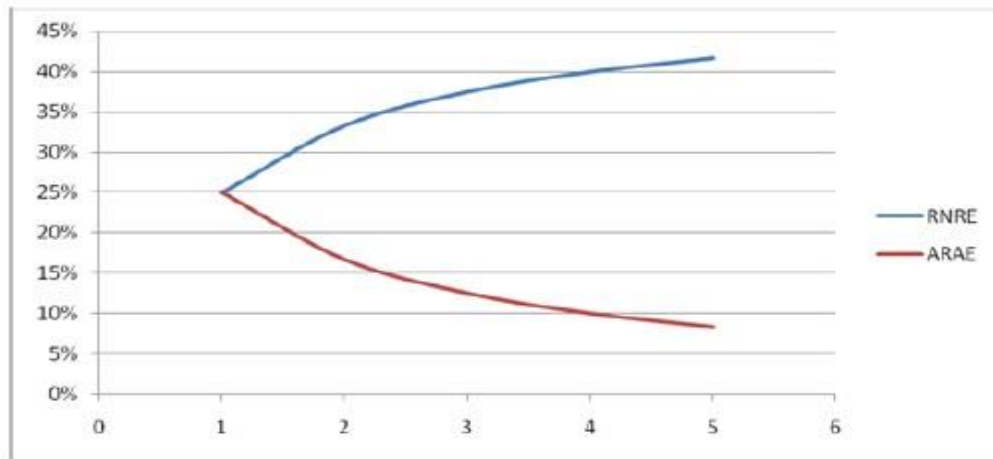


Рисунок 2.11 - Залежність показників RNRE і ARAE від кількості встановлюваних реклоузерів для радіального фідера.

З (рис. 2.11) витікає, що середня ефективність застосування реклоузерів на радіальному фідері зменшується починаючи з одного апарату. Найбільш оптимальним для радіального фідера є застосування в загальному випадку 1-2 реклоузерів.

На (рис.2.12) приведена залежність показників RNRE і ARAE від кількості встановлюваних реклоузерів для кільцевого фідера.

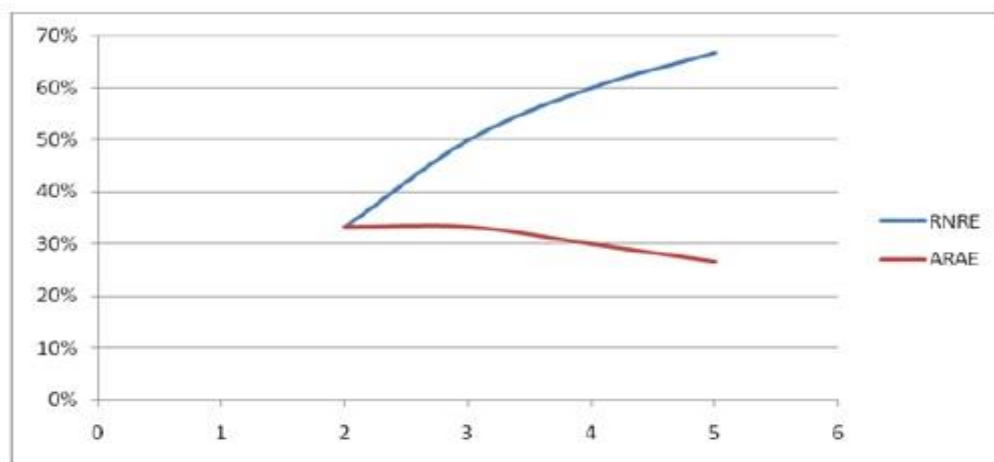


Рисунок 2.12. - Залежність показників RNRE і ARAE від кількості встановлюваних реклоузерів для кільцевого фідера.

З (рис.2.12) витікає, що середня ефективність застосування реклоузерів на кільцевому фідері зменшується, починаючи з трьох апаратів. Найбільш оптимальним для кільцевого фідера є застосування в загальному випадку 3-4 реклоузерів.

Також з (рис.2.11 та 2.12) видно, що ефективніше застосовувати реклоузери на кільцевих фідерах.

Вибір місць установки реклоузерів.

Вибір місць установки реклоузерів здійснюється за критерієм мінімального значення показника SAIFI.

Мінімальне значення SAIFI досягається при рівності твору кількості споживачів (N) на протяжність фідера (L) з усіма відпаюваннями на кожній з ділянок мережі [5].

$$N_i \cdot L_i \approx \text{const};$$

де,

N_i - кількість споживачів, підключених до ділянки i ;

L_i - сумарна протяжність фідера з відпаюваннями на ділянці i .

Після застосування цього критерію місця установки реклоузерів мають бути скоректовані:

- за умовами близькості до доріг;
- по умові відсутності зв'язку;
- за умовами нерівномірності розподілу споживачів по фідеру;
- з інших причин неможливості установки реклоузера в конкретному місці.

Технічні вимоги до реклоузерам.

Технічними вимогами до реклоузерам на номінальну напругу 6-35 кВ компонентам реклоузера, а саме:

- умови експлуатації;
- номінальні параметри і характеристики;
- вимоги до електричної міцності ізоляції;
- вимоги до механічної працездатності;
- вимоги по нагріву;

- вимоги при наскрізних струмах короткого замикання;
- вимоги до комутаційної здатності;
- вимоги до конструкції;
- вимоги по надійності;
- вимоги безпеки;
- вимоги до гарантійного терміну експлуатації;
- вимоги до електромагнітної сумісності;
- вимоги до зберігання і транспортування;
- вимоги до маркіровки і упаковки;

- вимоги до РЗА (при використанні необхідних функцій захит слід враховувати конкретні умови проектування) необхідно керуватися стандартом України.

2.3. Розрахунок показників надійності модернізації мережі, за допомогою реклоузерів.

Розглянемо приклад розрахунку показників надійності до і після установки реклоузерів для кільцевого фідера.

2.3.1. Маємо початкові дані.

Схема фідера до установки реклоузерів приведена на (рис.1.12).

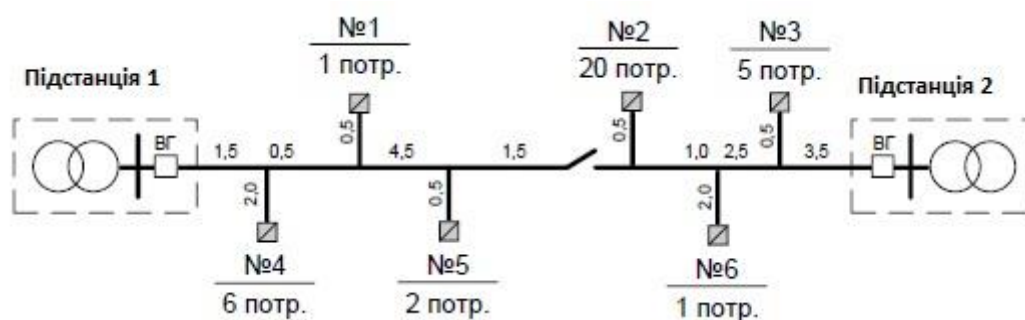


Рисунок 2.12. - Схема кільцевого фідера до установки реклоузерів.

Довжини ділянок і кількість споживачів приведені на схемі. Інші початкові дані для розрахунку приведені в таблиці 1.

Початкові дані Таблица 1

Фідер	Питома частота ушкоджень на 100 км лінії на рік, відкл.	Середній час відновлення одного стійкого ушкодження, г	АПВ на головному Вимикачі
1	24	6	одноразове
2	37	6	Відсутнє

2.3.2. Заходи по підвищенню надійності.

Для підвищення надійності виконуються наступні заходи:

- установка реклоузерів;
- організація двократного АПВ і ЗМН на головних вимикачах.

Схема фідера після установки реклоузерів приведена на рис. 2.13.

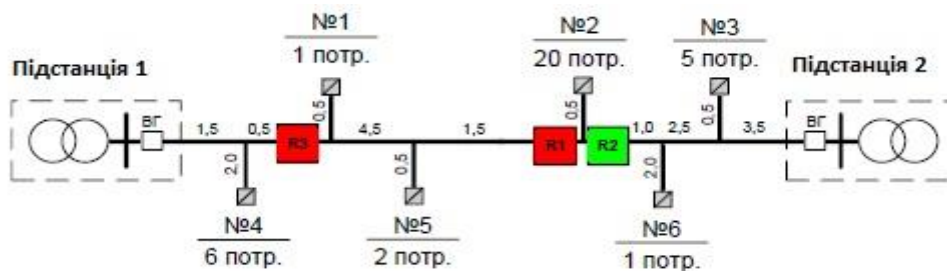


Рисунок 2.13. - Схема кільцевого фідера після установки реклоузерів.

2.3.3. Розрахунок показників надійності.

Для розрахунку показників надійності розіб'ємо фідер на ділянки відповідно до (рис.2.14).

Розрахуємо показники SAIFI (загальна частота непланових відключень) і SAIDI (тривалість непланових відключень) кільцевого фідера до установки реклоузерів [6, 7].

а) Розрахунок SAIFI.

- Розрахунок кількості відключень споживачів 1-ої ділянки.

$$\omega_1 = 0,01 \cdot \omega_0 \cdot (L_1 + L_2) = 0,01 \cdot 24(1,5 + 0,5 + 2,0 + 0,5 + 4,5 + 0,5 + 1,5) = 1,06 \text{ (відкл./рік)}.$$

Коефіцієнт $k_{\text{нв}}$ приймається рівним 0,6, оскільки на головному вимикачі є одноразове АПВ (за статистикою знижуюча кількість відключень споживачів при нестійких ушкодженнях на 60%).

- Розрахунок кількості відключень споживачів 2-ої ділянки.

$$\omega_2 = 0,01 \cdot \omega_0 \cdot (1 - k_{\text{нв}}) \cdot (L_1 + L_2) = 0,01 \cdot 24 \cdot (1 - 0,6) \cdot (1,5 + 0,5 + 2,0 + 0,5 + 4,5 + 0,5 + 1,5) = 1,06$$

(відкл./рік).

- Розрахунок кількості відключень споживачів 3-ої ділянки.

$$\omega_3 = 0,01 \cdot \omega_0 \cdot (1 - k_{\text{нв}}) \cdot (L_3 + L_4) = 0,01 \cdot 37 \cdot (1 - 0) \cdot (0,5 + 1,0 + 2,0 + 2,5 + 0,5 + 3,5) = 3,7$$

(відкл./рік).

Коефіцієнт $k_{\text{нв}}$ приймається рівним 0, оскільки на головному вимикачі відсутній АПВ.

- Розрахунок кількості відключень споживачів 4-ої ділянки.

$$\omega_4 = 0,01 \cdot \omega_0 \cdot (1 - k_{\text{нв}}) \cdot (L_3 + L_4) = 0,01 \cdot 37 \cdot (1 - 0) \cdot (0,5 + 1,0 + 2,0 + 2,5 + 0,5 + 3,5) = 3,7$$

(відкл./рік).

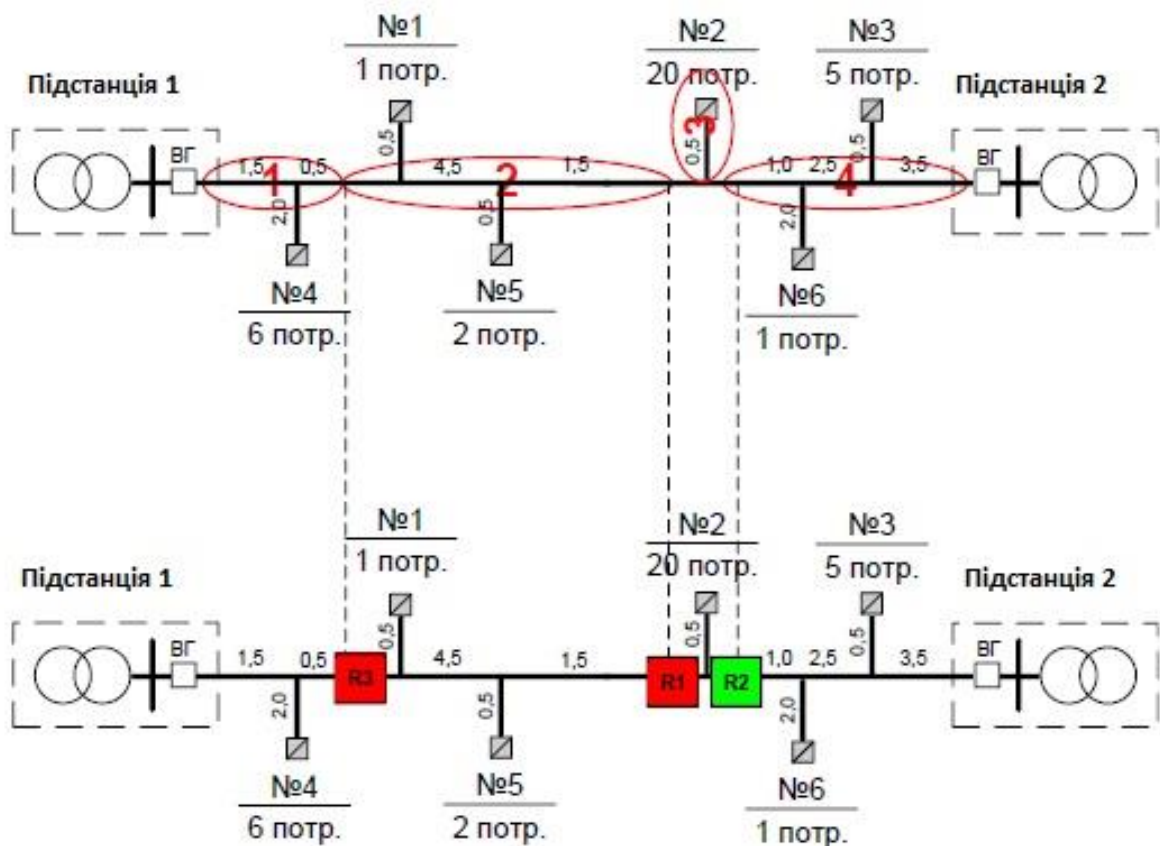


Рисунок 2.14. - Схема кільцевого фідера з розподілом на ділянки.

- Розрахунок SAIFI.

$$SAIFI = \Sigma(\omega_i \cdot N_i) / \Sigma N_i = (\omega_1 \cdot N_1 + \omega_2 \cdot N_2 + \omega_3 \cdot N_3 + \omega_4 \cdot N_4) / (N_1 + N_2 + N_3 + N_4) = (1,06 \cdot 6 + 1,06 \cdot (1+2) + 3,7 \cdot 20 + 3,7 \cdot (5+1)) / (6+1+2+20+5+1) = 3,02 \text{ (відкл./рік)}.$$

б) Розрахунок SAIDI.

- Розрахунок часу перерви електропостачання споживачів 1-ої ділянки.

$$T_1 = \omega_1 \cdot T \cdot k_{\text{ВВ}} = 1,06 \cdot 6 \cdot 1 = 6,4 \text{ (год/рік)}.$$

Коефіцієнт $k_{\text{ВВ}}$ приймається рівним 1 у зв'язку з відсутністю секціонування.

- Розрахунок часу перерви електропостачання споживачів 2-ої ділянки.

$$T_2 = \omega_2 \cdot T \cdot k_{\text{ВВ}} = 1,06 \cdot 6 \cdot 1 = 6,4 \text{ (год/рік)}.$$

- Розрахунок часу перерви електропостачання споживачів 3-ої ділянки.

$$T_3 = \omega_3 \cdot T \cdot k_{\text{ВВ}} = 3,7 \cdot 6 \cdot 1 = 22,2 \text{ (год/рік)}.$$

- Розрахунок часу перерви електропостачання споживачів 4-ої ділянки.

$$T_4 = \omega_4 \cdot T \cdot k_{\text{ВВ}} = 3,7 \cdot 6 \cdot 1 = 22,2 \text{ (год/рік)}.$$

- Розрахунок SAIDI.

$$SAIDI = \Sigma(T_i \cdot N_i) / \Sigma N_i = (T_1 \cdot N_1 + T_2 \cdot N_2 + T_3 \cdot N_3 + T_4 \cdot N_4) / (N_1 + N_2 + N_3 + N_4) = (6,4 \cdot 6 + 6,4 \cdot (1+2) + 22,2 \cdot 20 + 22,2 \cdot (5+1)) / (6+1+2+20+5+1) = 18,1 \text{ (год/рік)}.$$

Розрахуємо показники SAIFI і SAIDI кільцевого фідера після установки реклоузерів.

а) Розрахунок SAIFI.

- Розрахунок кількості відключень споживачів 1-ої ділянки.

$$\omega_1 = 0,01 \cdot \omega_0 \cdot (1 - k_{\text{ну}}) \cdot L_1 = 0,01 \cdot 24 \cdot (1 - 0,8) \cdot (1,5 + 0,5 + 2,0) = 0,19 \text{ (відкл./рік)}.$$

Коефіцієнт $k_{\text{ну}}$ приймається рівним 0,8, оскільки на головному вимикачі і реклоузерах є двократне АПВ (за статистикою знижуюча кількість відключень споживачів при нестійких ушкодженнях на 80%).

- Розрахунок кількості відключень споживачів 2-ої ділянки.

$$\omega_2 = 0,01 \cdot \omega_0 \cdot (1 - k_{\text{нв}}) \cdot L_2 = 0,01 \cdot 24(0,5 + 4,5 + 0,5 + 1,5) = 0,34 \text{ (відкл./рік)}.$$

- Розрахунок кількості відключень споживачів 3-ої ділянки.

$$\omega_3 = 0,01 \cdot \omega_0 \cdot (1 - k_{\text{нв}}) \cdot L_3 = 0,01 \cdot 37 \cdot (1 - 0,8) \cdot 0,5 = 0,04 \text{ (відкл./рік)}.$$

- Розрахунок кількості відключень споживачів 4-ої ділянки.

$$\omega_4 = 0,01 \cdot \omega_0 \cdot (1 - k_{\text{нв}}) \cdot L_4 = 0,01 \cdot 37(1,0 + 2,0 + 2,5 + 0,5 + 3,5) = 0,7 \text{ (відкл./рік)}.$$

Розрахунок SAIFI.

$$SAIFI = \Sigma(\omega_i \cdot N_i) / (\Sigma N_i) = (\omega_1 \cdot N_1 + \omega_2 \cdot N_2 + \omega_3 \cdot N_3 + \omega_4 \cdot N_4) / (N_1 + N_2 + N_3 + N_4) = \\ = (0,19 \cdot 6 + 0,34 \cdot (1 + 2) + 0,04 \cdot 20 + 0,7 \cdot (5 + 1)) / (6 + 1 + 2 + 20 + 5 + 1) = 0,2 \text{ відкл./рік}.$$

Розрахунок SAIDI.

- Розрахунок часу перерви електропостачання споживачів 1-ої ділянки.

$$T_1 = \omega_1 \cdot T \cdot k_{\text{вв}} = 0,19 \cdot 6 \cdot 0,6 = 0,7 \text{ (год/рік)}.$$

Коефіцієнт $k_{\text{вв}}$ приймається рівним 0,6 у зв'язку із скороченням зони пошуку пошкодженої ділянки за рахунок секціонування.

- Розрахунок часу перерви електропостачання споживачів 2-ої ділянки.

$$T_2 = \omega_2 \cdot T \cdot k_{\text{вв}} = 0,34 \cdot 6 \cdot 0,6 = 1,2 \text{ (год/рік)}.$$

- Розрахунок часу перерви електропостачання споживачів 3-ої ділянки.

$$T_3 = \omega_3 \cdot T \cdot k_{\text{вв}} = 0,04 \cdot 6 \cdot 0,6 = 0,12 \text{ (год/рік)}.$$

- Розрахунок часу перерви електропостачання споживачів 4-ої ділянки.

$$T_4 = \omega_4 \cdot T \cdot k_{\text{вв}} = 0,7 \cdot 6 \cdot 0,6 = 2,5 \text{ (год/рік)}.$$

- Розрахунок SAIDI.

$$SAIDI = \Sigma(T_i \cdot N_i) / (\Sigma N_i) = (T_1 \cdot N_1 + T_2 \cdot N_2 + T_3 \cdot N_3 + T_4 \cdot N_4) / (N_1 + N_2 + N_3 + N_4) = \\ = (0,7 \cdot 6 + 1,2 \cdot (1 + 2) + 0,12 \cdot 20 + 2,5 \cdot (5 + 1)) / (6 + 1 + 2 + 20 + 5 + 1) = 0,7 \text{ (год/рік)}.$$

2.4 Розрахунок короткого замикання

Представимо спроектовану структурну схему електричної станції, яка зображена на (рис 2.15) [3-6].

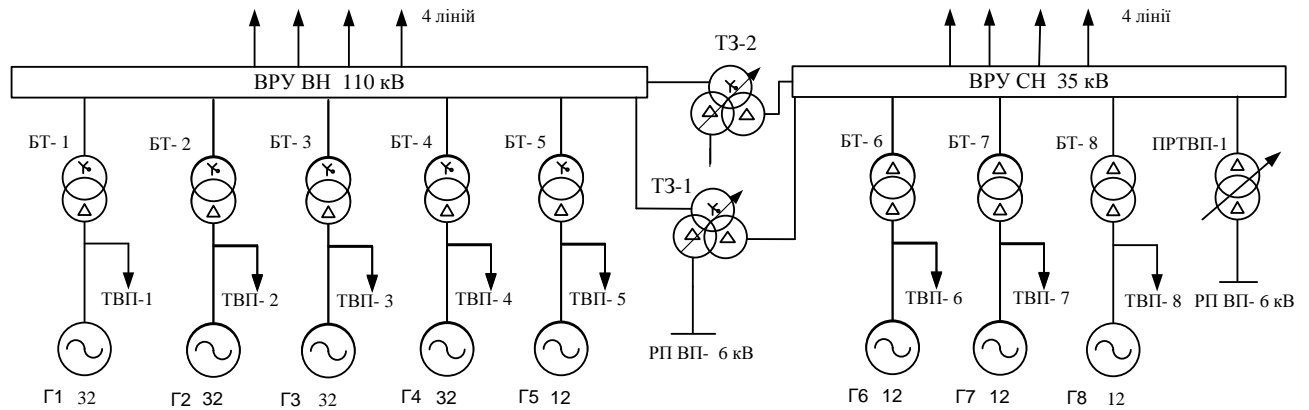


Рисунок 2.15 – Структурна схема станції

В даному випадку вакуумні вимикачі будемо вибирати для встановлення на шипи ВРУ 35 кВ.

По представленій схемі ВРУ 35 кВ(див. рис.2.16) необхідно вибрати одинадцять вакуумних вимикачів.

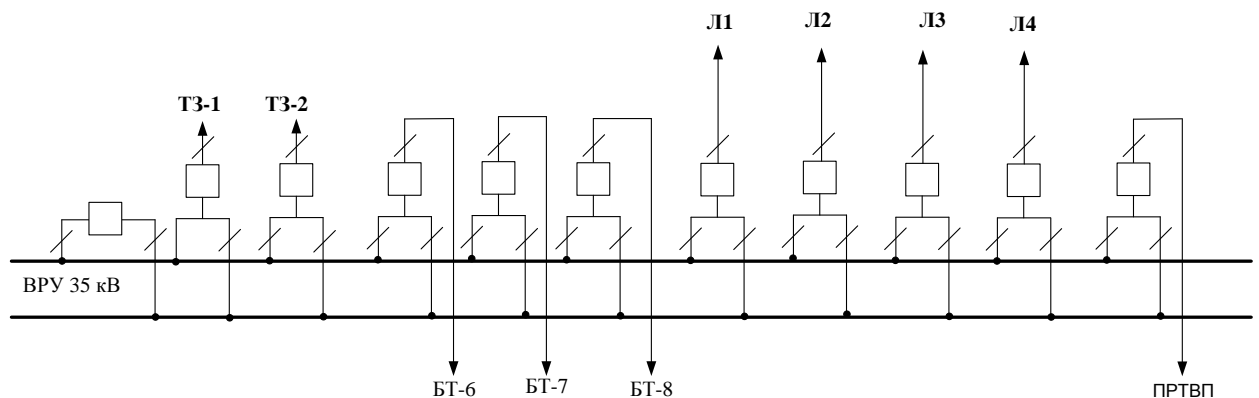


Рисунок 2.16 – Схема ВРУ–35 кВ

Для безпосереднього вибору ВВ необхідно виконати всі попередні розрахунки по структурній схемі, де будуть встановлені вимикачі [8].

Розпочнемо з розрахунку короткого замикання на шинах ВРУ 35 кВ. розрахункова схема станції зображена на (рис.2.17).

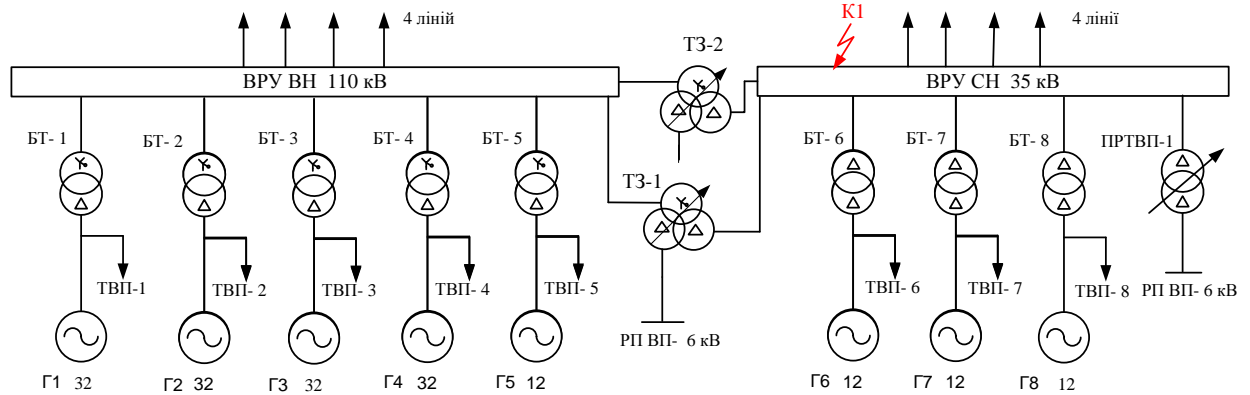


Рисунок 2.17 – Розрахункова схема установки

Складаємо еквівалентну електричну схему заміщення, яка відповідає по початковим даним розрахунковій схемі, але в якій всі магнітні (трансформаторні) зв'язки замінюємо електричними (рис.2.18).

Розрахунок виконуємо у відносних одиницях. Тому приведемо всі опори елементів схеми заміщення до одних і тих самих базових умов, використовуючи методичні вказівки [6].

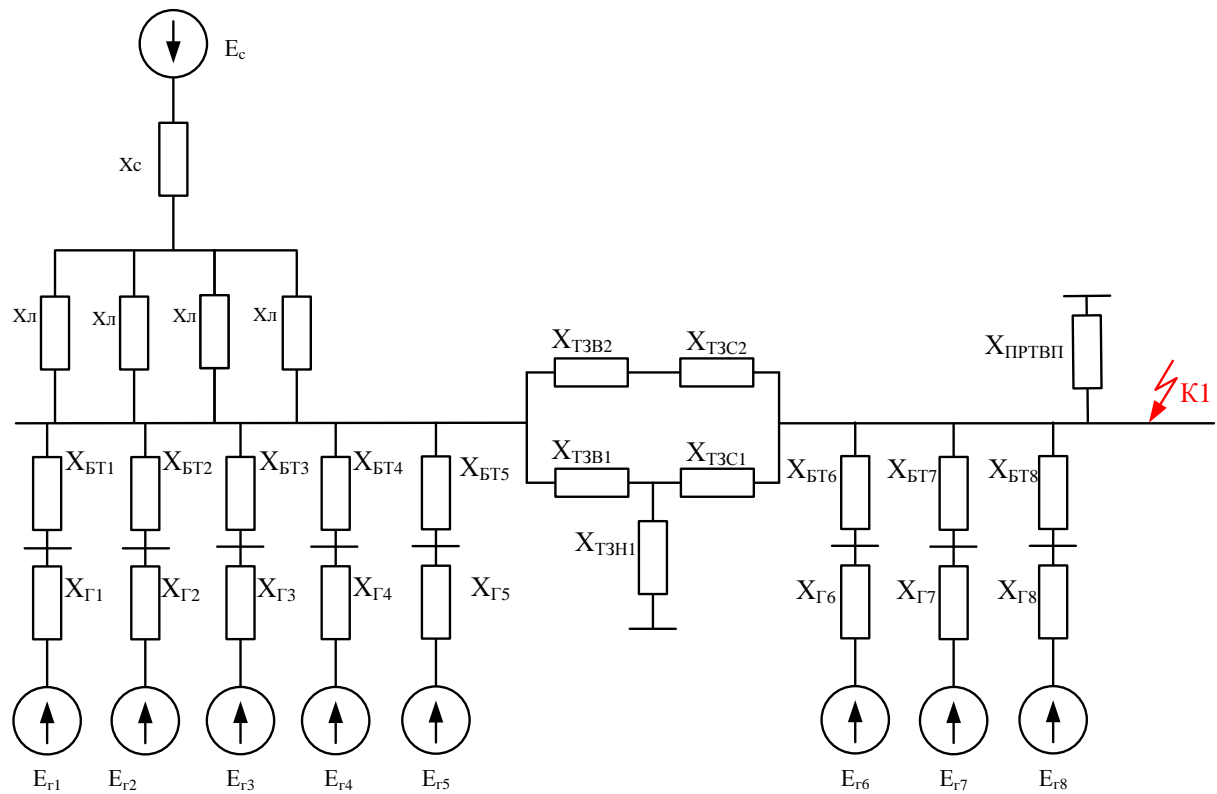


Рисунок 2.18 - Заступна схема

Приймаємо $S_B = 1000$ (МВА).

Визначимо приведені значення опорів:

$$X_c = X_{c \text{ ном}} \cdot \frac{S_B}{S_{\text{ном}}};$$

$$X_c = 0,4 \cdot \frac{1000}{9800} = 0,0408.$$

$$X_c = X_{\text{пит}} \cdot l \cdot \frac{S_B}{U_{\text{ср}}^2};$$

$$X_{\text{л}} = 0,405 \cdot 160 \cdot \frac{1000}{115^2} = 4,89.$$

$$X_{\text{бт1}} = \frac{U_{\text{кв-н\%}}}{100} \cdot \frac{S_B}{S_{\text{ном}}};$$

$$X_{\text{бт1-4}} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{1000}{40} = 2,625.$$

$$X_{\delta T5} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{1000}{16} = 6,5625.$$

$$X_{\delta m6-8} = \frac{8}{100} \cdot \frac{1000}{16} = 5.$$

$$X_{r1} = \chi''_{d*HOM} \cdot \frac{S_B}{S_{HOM}};$$

$$X_{r1-4} = 0,153 \cdot \frac{1000}{40} = 3,825.$$

$$X_{r5-8} = 0,131 \cdot \frac{1000}{15} = 8,73.$$

$$X_{\delta m1} = \frac{U_{\kappa\delta-H\%}}{100} \cdot \frac{S_B}{S_{HOM}};$$

$$X_{\text{ПРТВП}} = \frac{7,5}{100} \cdot \frac{1000}{4} = 18,75.$$

$$X_B = 0,5 \cdot (u_{K\ B-H\%} + u_{K\ B-C\%} - u_{K\ C-H\%}),$$

$$X_B = 0,5 \cdot (17,5 + 10,5 - 6,5) = 10,75\%;$$

$$X_C = 0,5 \cdot (u_{K\ B-C\%} + u_{K\ C-H\%} - u_{K\ B-H\%}),$$

$$X_C = 0,5 \cdot (10,5 + 6,5 - 17,5) = -0,25 = 0;$$

$$X_H = 0,5 \cdot (u_{K\ B-H\%} + u_{K\ C-H\%} - u_{K\ B-C\%}),$$

$$X_H = 0,5 \cdot (17,5 + 6,5 - 10,5) = 6,75\%.$$

$$X'_{ATЗВ} = \frac{U_{KB\%}}{100} \cdot \frac{S_B}{S_{НОМ}};$$

$$X_{ТЗВ} = \frac{10,75}{100} \cdot \frac{1000}{16} = 6,71.$$

$$X_{ТЗС} = 0;$$

$$X'_{ATЗН} = \frac{U_{KH\%}}{100} \cdot \frac{S_B}{S_{НОМ}};$$

$$X_{ТЗН} = \frac{6,75}{100} \cdot \frac{1000}{16} = 4,22.$$

2.4.1 Розрахунок періодичної складової струму КЗ для часу $t = 0$

Початкове значення періодичної складової струму КЗ в системі відносних одиниць визначається за формулою, кА:

$$I_{ПО} = \frac{E''}{X_{рез*}} \cdot I_B,$$

де E'' – ЕРС джерела, в.о.;

$x_{рез*}$ – результуючий відносний опір ланки КЗ, який приведений до базисних умов;

I_B – базисний струм, кА.

$$I_B = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot U_{cp}}.$$

Розрахунок точки K_1 :

Складаємо розрахункову схему, враховуючи тільки елементи, які мають вплив на точку КЗ K_1 . Приведемо цю схему до найбільш простого вигляду [9].

$$X_1 = X_c + \frac{X_L}{4} = 0,0408 + \frac{4,89}{4} = 1,26;$$

$$X_2 = X_{BT1} + X_{Г1} = 2,625 + 3,825 = 6,45;$$

$$X_3 = \frac{X_2}{4} = \frac{6,45}{4} = 1,61;$$

$$X_4 = X_{BT5} + X_{Г5} = 6,5625 + 8,73 = 15,29;$$

$$X_5 = \frac{X_{ТЗВ}}{2} = \frac{6,71}{2} = 3,35;$$

$$X_6 = X_{BT6} + X_{Г6} = 5 + 8,73 = 13,73;$$

$$X_7 = \frac{X_6}{3} = \frac{13,73}{3} = 4,58;$$

Електрична схема заміщення для розрахунку струмів КЗ в точці K_1 представлена на (рис.2.19).

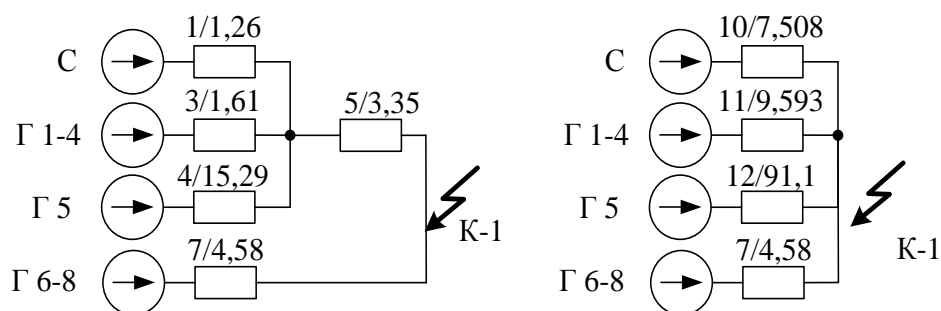


Рисунок 2.19 – Згортання схеми для розрахунку КЗ в точці K_1

$$X_{\Delta} = X_5 \cdot (X_1 \cdot X_3 + X_1 \cdot X_4 + X_4 \cdot X_3) =$$

$$= 3,35 \cdot (1,26 \cdot 1,61 + 1,26 \cdot 15,29 + 1,61 \cdot 15,29) = 153.802;$$

$$X_{10} = X_1 + \frac{X_{\Delta}}{X_4 \cdot X_3} = 1,26 + \frac{153.802}{1,61 \cdot 15,29} = 7.508;$$

$$X_{11} = X_3 + \frac{X_{\Delta}}{X_1 \cdot X_4} = 1.61 + \frac{153.802}{1,26 \cdot 15,29} = 9.593;$$

$$X_{12} = X_4 + \frac{X_{\Delta}}{X_1 \cdot X_3} = 15.29 + \frac{153.802}{1,26 \cdot 1,61} = 91.1;$$

$$X_{13} = \frac{X_{12} \cdot X_7}{X_{12} + X_7} = \frac{91.1 \cdot 4.58}{91.1 + 4.58} = 4.361.$$

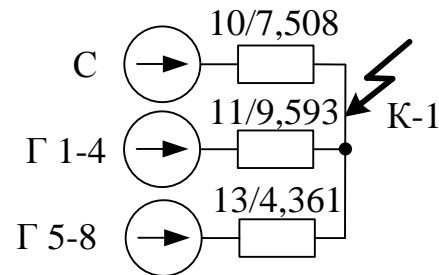


Рисунок 2.20 – Згортання схеми для розрахунку КЗ в точці К₁

$$I_{\delta} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot U_{CH}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 38,5} = 16,28(\text{кА}).$$

$$I_{\text{по } C} = \frac{E_C \cdot I_{\delta}}{X_{10}} = \frac{1 \cdot 16,28}{7.508} = 2.161(\text{кА});$$

$$I_{\text{по } \Gamma 1-4} = \frac{E_{\Gamma 1-5} \cdot I_{\delta}}{X_{11}} = \frac{1,11 \cdot 16,28}{9.593} = 1.867(\text{кА});$$

$$I_{\text{по } \Gamma 5-8} = \frac{E_{\Gamma 6-8} \cdot I_{\delta}}{X_{13}} = \frac{1,01 \cdot 16,28}{4.361} = 3,77(\text{кА}).$$

2.4.2 Розрахунок ударного струму КЗ аперіодичної та періодичної складової струму КЗ в момент часу $t = \tau$.

Ударний струм КЗ зазвичай має місце через 0,1 с після початку КЗ. Його значення знаходиться з виразу [4]:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot I_{\text{по}} \cdot k_y, (\text{кА});$$

де $I_{\text{по}}$ - початкове значення періодичної складової струму КЗ;

k_y - ударний коефіцієнт, який залежить від постійної часу затухання аперіодичної складової струму КЗ.

Розрахунковий час, для якого необхідно визначити струм КЗ:

$$\tau = t_{\text{вв відкл}} + 0,01,$$

де $t_{\text{вв відкл}}$ – власний час відключення вимикача.

Для визначення τ попередньо виберемо вимикачі (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Попередній вибір вимикачів

Місце встановлення	Тип вимикача	$t_{\text{вч відкл}}, \text{с}$	$\tau, \text{с}$
ВРП 35 кВ	ВБНК-35	0,05	0,06

Аперіодична складова струму КЗ:

$$i_{\text{ат}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{по}} \cdot e^{-\frac{\tau}{T_a}}, (\text{кА});$$

Підберемо всі необхідні величини і занесемо їх до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Дані для розрахунку складових струмів КЗ

Точка КЗ	Джерела струмів КЗ	$I_{по}, \text{кА}$	$\tau, \text{с}$	$T_a, \text{с}$	k_y	$e^{-\tau/T_a}$
К1	Система	2,161	0,045	0,02	1,608	0,105399
	Генератори 1-4	1,867	0,045	0,16	1,941	0,75484
	Генератори 5-8	3,77	0,06	0,2	1,946	0,740818
	Сума	7,798	21,891	-	-	1,601057

Розрахунок точки К₁:

Ударний струм:

$$i_{yC} = \sqrt{2} \cdot I_{поC} \cdot k_y, (\text{кА});$$

$$i_{yC} = \sqrt{2} \cdot 2,161 \cdot 1,608 = 4,91(\text{кА});$$

$$i_{yГ1-4} = \sqrt{2} \cdot I_{поГ1-4} \cdot k_y, (\text{кА});$$

$$i_{yГ1-4} = \sqrt{2} \cdot 1,867 \cdot 1,941 = 5,12(\text{кА});$$

$$i_{yГ5-8} = \sqrt{2} \cdot I_{поГ5-8} \cdot k_y, (\text{кА});$$

$$i_{yГ5-8} = \sqrt{2} \cdot 3,77 \cdot 1,946 = 10,37(\text{кА}).$$

Аперіодична складова струму КЗ:

$$i_{aTC} = \sqrt{2} \cdot I_{поC} \cdot e^{-\frac{\tau}{T_{aC}}}, (\text{кА});$$

$$i_{aTC} = \sqrt{2} \cdot 2,161 \cdot 0,1054 = 0,32 (\text{кА});$$

$$i_{a\tau\Gamma 1-4} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{по}\Gamma 1-4} \cdot e^{-\frac{\tau}{T_{a\Gamma 1-4}}}, (\text{кА});$$

$$i_{a\tau\Gamma 1-5} = \sqrt{2} \cdot 1,876 \cdot 0,7548 = 1,99 (\text{кА});$$

$$i_{a\tau\Gamma 5-8} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{по}\Gamma 5-8} \cdot e^{-\frac{\tau}{T_{a\Gamma 5-8}}}, (\text{кА});$$

$$i_{a\tau\Gamma 5-8} = \sqrt{2} \cdot 3,77 \cdot 0,7408 = 3,94 (\text{кА}).$$

Періодична складова в момент часу $t = \tau$:

Оскільки система зв'язана з точкою КЗ безпосередньо, то

$$I_{\text{птГ}} = I_{\text{поГ}} = 2,161 (\text{кА}).$$

2) Знаходимо відношення $I_{\text{поГ}} / I'_{\text{номГ}}$, для якого по кривій для потрібного моменту часу $t = \tau$ знаходимо відношення $I_{\text{птГ}} / I_{\text{поГ}}$, з якого і отримаємо значення $I_{\text{птГ}}$.

$$I'_{\text{ном}\Gamma 1-4} = \frac{35 \cdot 5}{\sqrt{3} \cdot 38,5} = 2,62 (\text{кА});$$

$$\frac{I_{\text{по}\Gamma 1-4}}{I'_{\text{ном}\Gamma 1-4}} = \frac{1,867}{2,62} = 0,71;$$

$$\frac{I_{\text{пт}\Gamma 1-4}}{I_{\text{по}\Gamma 1-4}} = 0,99$$

$$I_{\text{пт}\Gamma 1-4} = 0,99 \cdot 1,867 = 1,84 (\text{кА});$$

$$I'_{\text{ном}\Gamma 5-8} = \frac{15 \cdot 3}{\sqrt{3} \cdot 38,5} = 0,674 (\text{кА});$$

$$\frac{I_{\text{поГ5-8}}}{I'_{\text{номГ5-8}}} = \frac{3,77}{0,674} = 5,58;$$

$$\frac{I_{\text{птГ5-8}}}{I_{\text{поГ5-8}}} = 0.85$$

$$I_{\text{птГ5-8}} = 0,85 \cdot 3,77 = 3,2 \text{ (кА)}.$$

Результати розрахунків складових струмів КЗ і ударного струму для всіх точок КЗ приведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Результати розрахунків струмів КЗ

Точка КЗ	Джерела струмів КЗ	$I_{\text{по}}, \text{кА}$	$i_{\text{уд}}, \text{кА}$	$I_{\text{пт}}, \text{кА}$	$i_{\text{ат}}, \text{кА}$	Примітки
К1 ВРУ- 35КВ	Система	2,161	4,9142	2,161	0,3221	Для вибору КА
	Генератори 1-4	1,867	5,1248	1,8483	1,9930	
	Генератори 5-10	3,77	10,375	3,2045	3,9497	
	Сума	7,798	20,414	7,2138	6,2648	

2.4.3 Розрахунок робочих максимальних струмів приєднань і теплових імпульсів

Кількість в провіднику теплоти, що виділилася при КЗ, прийнято характеризувати тепловим імпульсом B_k короткого замикання [3].

- струм від блочного трансформатора:

$$I_{\text{п.т. max}}^{\text{БТ}} = \frac{15}{\sqrt{3} \cdot 35 \cdot 0.95} = 0,261 \text{ (кА)}.$$

- струм від ЛЕП:

$$I_{\text{п.т. max}}^{\text{ЛП}} = \frac{15}{\sqrt{3} \cdot 35 \cdot 0.8} = 0,309 \text{ (кА)}.$$

- струм від трансформатора зв'язку:

$$I_{p.max}^{T3} = 1,5 \cdot \frac{16}{\sqrt{3} \cdot 35} = 0,396(\text{кА}).$$

- струм від трансформатора власних потреб:

$$I_{p.max}^{ТВП} = 1,5 \cdot \frac{S_{номТВП}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}$$

$$I_{p.max}^{ТВП} = 1,5 \cdot \frac{2,5}{\sqrt{3} \cdot 35} = 0,061(\text{кА}).$$

$$B_k = 7.798^2 \cdot (0,2 + 0,2) = 24.324(\text{кА}^2 \cdot \text{с}).$$

2.4.4 Вибір вимикача

Розглянемо вибір вимикачів та роз'єднувачів для ВРУ-35 кВ- за напругою установки [2-9]:

$$U_{уст} \leq U_{ном}.$$

$$35\text{кВ} \leq 35\text{кВ}.$$

- за тривалим струмом:

$$I_{роб.max} \leq I_{ном}.$$

$$396\text{А} \leq 1600\text{А}.$$

Проводимо перевірку [2]:

а) на відключаючу здатність вимикача:

- перевірка на симетричний струм відключення:

$$I_{п.т} \leq I_{відкл.ном.}$$

$$7,21кА \leq 25кА.$$

- перевірка на відключення аперіодичної складової струму КЗ:

$$i_{a.т} \leq i_{a.ном} = \frac{\sqrt{2} \cdot \beta_n \cdot I_{відкл.ном.}}{100}.$$

де $i_{a.ном}$ - номінальне допустиме значення аперіодичної складової в струмі, який відключається, для часу τ ;

τ - найменший час від початку КЗ до моменту розходження контактів;

β - нормоване значення вмісту аперіодичної складової у струмі КЗ,

$$6,26кА \leq \frac{\sqrt{2} \cdot 22 \cdot 25}{100} = 7,77кА.$$

б) на електродинамічну стійкість:

$$I_{п.0} \leq I_{дин.}$$

$$7,798кА \leq 64кА.$$

$$i_y \leq i_{дин.}$$

$$20,41кА \leq 25кА.$$

умови виконуються.

де $I_{дин}$ – діюче значення періодичної складової граничного струму КЗ

$i_{\text{дин}}$ – найбільший пік (струм електродинамічної стійкості) .

в) на термічну стійкість:

$$B_k \leq I_m^2 \cdot t_m$$

$$24,324 \text{кА}^2 \cdot \text{с} \leq 25^2 \cdot 4 = 2500 \text{кА}^2 \cdot \text{с}.$$

де B_k - розрахунковий тепловий імпульс струму КЗ;

I_m - середньоквадратичне значення струму за час його протікання (струм термічної стійкості) .

t_m - тривалість протікання струму термічної стійкості с;

Умова виконується.

Результати зведені у табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Вибір комутаційної апаратури

Розрахункові дані	Каталожні дані
	Вимикач
ВРУ-35 КВ	ВБНК-35
$U_{\text{ном}} = 35 \text{кВ}$	$U_{\text{ном}} = 35 \text{кВ}$
$I_{\text{роб.мах}} = 396 \text{А}$	$I_{\text{ном}} = 1600 \text{А}$
$I_{\text{пт}} = 7,21 \text{кА}$	$I_{\text{відк.ном}} = 25 \text{кА}$
$i_{\text{ат}} = 6,26 \text{кА}$	$\sqrt{2} \cdot I_{\text{відк.ном}} \cdot \beta_{\text{н}} =$ $= \sqrt{2} \cdot 0,22 \cdot 25 = 7,77 \text{кА}$
$I_{\text{п0}} = 7.798 \text{кА}$	$I_{\text{дин}} = 64 \text{кА}$
$i_{\text{у}} = 20.41 \text{кА}$	$i_{\text{дин}} = 25 \text{кА}$
$B_k = 24.324 \text{кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{\text{т}}^2 t_{\text{т}} = 25^2 \cdot 4 =$ $2500 \text{кА}^2 \cdot \text{с}$

ВИСНОВОК

За результатами розрахунку відзначається очевидне зниження показників SAIFI, SAIDI.

В умовах конкретного проектування згідно також необхідно оцінювати індикативні показники якості фінансування - ARIE, RDCO що є мірою ефективності інвестицій. При цьому необхідно проводити порівняльний аналіз по декількох прийнятих на розгляд варіантах проектних рішень по установки реклоузерів. Найбільш технічно і економічно вигідним варіантом підвищення надійності розподільної мережі є варіант з найменшим показником ARIE і найбільшим RDCO [6].

3. МАТИМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВАКУУМНОЇ СИСТЕМИ СЕКЦІОНУЮЧИХ ПУНКТИВ .

Інтенсивний розвиток і сфери застосування вакуумного устаткування, що усе більш розширюються, наприклад для забезпечення технологічних процесів в експериментальних комутаційних апаратах, засобах секціонування і інших сферах, обумовлюють різноманітність і індивідуальність фізичних і експлуатаційних чинників, що збільшують структурну ускладненість, зростаючу ресурсоемність діючих і в ще більшій мірі вакуумних систем, що розробляються [4].

Таким чином, процес проектування сучасних вакуумних систем є складним і розгалуженим завданням, схильним до впливу багатьох чинників, що характеризують специфічність і різноманіття параметрів функціонування вакуумної системи. Тому рішення подібного завдання вимагає індивідуального підходу, оскільки сучасні реальні вакуумні системи є складні ресурсоемні комплекси як з технологічною, так і з економічною точки зору і проведення повноцінних експериментальних досліджень на етапі проектування ускладнено або неможливо.

У зв'язку з цим, особливе значення приймає проведення попереднього аналізу системи на етапі проектування.

Метою подібного аналізу можуть бути: отримання попередніх даних про характеристику апарату; моделювання робочих режимів для виявлення найбільш відповідальних частин обладнання; порівняння декількох альтернативних конструктивних рішень та ін. [8].

Вищезгадані причини обумовлюють необхідність розвитку таких ідей і методів проектувальних розрахунків складних вакуумних систем, які, з одного боку, мають максимально можливу міру універсальності, тобто дозволяють будувати алгоритми і продукти на їх основі, не вимагаючи доопрацювання кожної конкретної системи, а з іншого боку, дають можливість враховувати ключові чинники.

Окремою проблемою, що також вимагає рішення, являється приведення такої методики до виду, що дозволяє створити універсальні програмні продукти, які допоможуть провести комплексний аналіз інтегральних і диференціальних характеристик будь-якої вакуумної системи, причому без участі проектувальника у реалізації розрахункових алгоритмів [3].

3.1. Огляд методів розрахунку вакуумних систем.

Вибір методики для аналізу/проектування вакуумної системи визначається, з однієї сторони, чинниками, що характеризують цю вакуумну систему і умови її функціонування, а з іншої – умовами, налаштованими на якість і достовірність результатів, які планується отримати. Існують декілька рівнів опису процесів, протікаючих в стисненому газі, і ряд методів, що відповідають їм, і підходів, у рамках яких реалізується замкнута система понять, пояснюючих стан стисненого газу і інтегральні характеристики вакуумних систем. Існуючі методи і підходи можна умовно розділити на дві основні частини: аналітичні і чисельні. Під аналітичними методами маються на увазі так звані традиційні підходи до аналізу вакуумних систем, що отримали розвиток в першій половині минулого століття і що базуються на усереднених параметрах стану стисненого газу і на пов'язаній з цією передумовою системі допущень. Моделі аналітичних методів відносно не складні і придатні для безпосереднього використання проектувальником. Під чисельними методами розуміються підходи, що вимагають великого об'єму обчислень, причому можливість застосування цих методів часто безпосередньо пов'язана з кількістю обчислювальних ресурсів. Розвитку чисельних методів сприяло збільшення потужності і вдосконалення обчислювальної техніки в другій половині минулого століття. Необхідно відмітити, що чисельні методи часто є комбінованими і при їх застосуванні активно використовуються відомі аналітичні співвідношення для представлення результату. Далі розглянемо основні наявні підходи, які найбільш поширено застосовуються при аналізі вакуумних систем, з точки

зору доцільності і ефективності використання цих підходів у реальних актуальних завданнях проектування і оптимізації.

3.2.1. Класичні аналітичні методи.

Одним з найбільш розповсюджених завдань, що встає перед розробником вакуумних систем, являється визначення комутаційних властивостей апарату. Пошуку коректних методів обчислення цих величин присвячена, мабуть, велика частина публікацій по вакуумній техніці.

Мабуть, цей пошук дав вирішальний поштовх серії класичних досліджень М. Кнудсена, М. Смолуховського і П. Клаузинга. Результати цих і ряду інших класичних досліджень широко відомі, тому тут зупинимося лише на основних етапах, що повно характеризують процес формування і розвитку теорій і стверджень на шляху аналізу та модулювання вакуумних систем. Однією з простих методів аналізу вакуумних систем є теорія зосереджених параметрів, у рамках якої стан стислого газу описують термодинамічно, приймаючи, що його параметри пов'язані між собою рівнянням стану ідеального газу. Ця теорія визначає такі базові поняття вакуумної техніки, як провідність, опір і швидкість дії. Відповідно цієї теорії основна частина розрахунків базується на записи інтегральних балансових рівнянь збереження. У рамках цього підходу були вироблені основні співвідношення для розрахунків сумарних провідностей і опори складних вакуумних систем, а також основне рівняння вакуумної техніки, встановлюючих зв'язок між швидкістю дії контактів.

Розвиток аналітичних методів аналізу вакуумних систем йшов не лише у напрямі поглиблення і ускладнення постановки традиційних завдань вакуумної комутаційної техніки, таких як визначення інтегрованих характеристик вакуумних систем, але і у напрямі розширення спектру вирішуваних завдань. Різні аналітичні методи продовжують розвиватися, оскільки поєднують в собі простоту застосування і необхідну для оцінних розрахунків точність [6].

3.2.2 Метод кутових коефіцієнтів.

Одним з найдетальніше розвинених підходів, що отримали широке поширення в розрахунках вакуумних комутаційних систем і що виділяються в окрему методику, є метод кутових коефіцієнтів або метод променистої аналогії. Як випливає з назви, він будується на аналогії між закономірностями течії газу в системах з тими, що дифузно відбивають стінками і променистого газообміну в діатермічних замкнутих середовищах. Цей метод будується на використанні базового поняття кутового коефіцієнта, який виражає собою долю потоку, дифузно емітуємого з одного елементарного фрагмента поверхні (або з верхні в цілому) і що падає на інший елементарний фрагменти поверхні (чи на іншу поверхню в цілому). Значення кутових коефіцієнтів залежать від взаємного розташування і типів поверхонь, що становлять аналізовану систему. Після визначення значень кутових коефіцієнтів з використанням параметрів, характеризуючих взаємодію стислого газу з поверхнею (коефіцієнти поглинання або прилипання і віддзеркалення), знаходять значення потоків з поверхні на поверхню, які, у свою чергу, дозволяють визначати інтегральні характеристики системи - провідність, швидкість руху і т. п. [8-9].

3.2.3. Метод еквівалентних поверхонь.

Окремо від інших методів і підходів до аналізу вакуумних систем стоїть метод еквівалентних поверхонь. Цей підхід не є методом аналізу у безпосередньому розумінні, він є методикою, органічно доповнюючу практично будь-який метод аналізу. Суть цієї методики зводиться до заміни складного фрагмента вакуумної комутаційної системи на деяку поверхню, характеристики якої еквівалентні характеристикам усього фрагменту. З одного боку, аналізована структура істотно спрощується, а з іншої - зменшення точності результату не відбувається, оскільки еквівалентна поверхня визначається як газокінетична копія складного фрагмента. При цьому подібна схема аналізу допускає і, більше того, припускає подальшу деталізацію розрахунків.

3.3 Врахування швидкості часток контактних поверхонь під час комутації.

При розрахунках молекулярних потоків буває необхідно задавати швидкість частки контактної поверхні. У переважній більшості випадків вистачає задати загальне для усіх часток постійне її значення. Зазвичай в якості швидкості частки використовується теплова швидкість молекули [2-9]:

$$v = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}$$

де T - температура газу, К; $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постійна Больцмана; m - маса молекули газу, кг.

Для деяких завдань може знадобитися моделювання значення швидкості для кожної частки окремо відповідно до заданому розподілу. Якщо аналітично вивести формулу для визначення випадкового значення швидкості із заданого розподілу важко, то можна скористатися методом виключення. Щоб безпосередньо використовувати випадкове число, функцію розподілу ділять на її максимальне значення:

$$f_x' = \frac{f_x}{f_{\max}}$$

Значення x (або значення, оскільки функція розподілу може залежати від багатьох змінних, наприклад функція розподілу Максвелла залежить від трьох складових швидкості) вибирається випадково в припущенні, що воно рівномірно розподілене в відповідних межах. Для функції Максвелла випадково генеруються значення усіх трьох компонент швидкості. Вони генеруються незалежно один від одного. При розрахунку може виникнути проблема із завданням меж змінних. Так, компоненти швидкості в розподілі Максвелла розподілені від $-\infty$ до $+\infty$. Тому для якісних розрахунків треба підібрати межі, в яких знаходиться основна частина значень, що набувають. Такі межі легко підібрати, знаючи характер функції розподілу. Для функції розподілу Максвелла велика частина значень лежить в околиці нуля, тому

віддалятися від нього дуже далеко не варто. Зазвичай залежно від типу газу для розподілу Максвелла межі значень швидкості можуть складати від сотень до тисяч метрів в секунду. Після того, як буде розрахована функція розподілу f_x для знайденого випадкового значення x , визначається функція f'_x . Потім генерується чергове випадкове число ξ . Вибране значення x або приймається, або відкидається залежно від того, $f'_x > \xi$ чи $f'_x < \xi$. Якщо $f'_x < \xi$, того значення x набуває як що задовольняє прийнятому розподілу. Якщо $f'_x > \xi$, того значення x не набуває і операція повторюється: генерується нове значення (значення) x , обчислюються f_x і f'_x і т.д. [7].

Для функції розподілу Максвелла $f'_x = \exp(-\beta^2 v_1^2)$, де: $\beta = \frac{1}{\sqrt{2RT}}$; T - температура молекули; v_1 - одна з трьох компонент швидкості $v = v_1^2 + v_2^2 + v_3^2$. Рівномірний розподіл значень v_1 задається формулою $v_1 = a + \xi \cdot (b - a)$. При цьому для a і b вибираються деякі кінцеві значення замість реальних обмежень (від $-\infty$ до $+\infty$). Якщо покласти a і b рівними $-\beta/10$ та $+\beta/10$ відповідно, то частина значень, що знаходяться за цими межами, дорівнює $1 - \text{erf}(10)$, тобто дуже мала. Таким чином, $v_1 = (-10 + 20\xi)/\beta$ та $f v_1 = \exp\{-\beta v_1\}$. Генерується чергове значення ξ ; якщо $f v_1 > \xi$, то v_1 приймається. Якщо $f v_1 < \xi$, то значення v_1 відкидається і увесь процес повторюється до тих пір, поки чергове значення не буде прийнято.

Потім аналогічні процедури повторюються для другої v_2 і третьої v_3 компоненти швидкості.

3.4. Метод Монте-Карло пробної частки для режимів, що допускають міжмолекулярні взаємодії під час комутації.

При аналізі реальних вакуумних систем важливою частиною розрахунків часто являється врахування відмінних від вільномолекулярного режимів руху стисненого газу. Класичні методи, система понять яких заснована на використанні усереднених параметрів стану стисненого газу, не дають можливості формувати універсальні математичні моделі для аналізу елементів складних вакуумних систем. Таким чином, стає очевидною

необхідність розвитку наявних статистичних методів в напрямленні можливості аналізу середовища в режимах, відмінних від вільномолекулярного.

Найбільш доцільним доречний розвиток методу пробної частки, оскільки він є досить універсальним і при цьому дозволяє створювати модульні алгоритми, що допускають будь-який розвиток і розширення.

Можлива модифікація алгоритму методу Монте-Карло пробної частки для вільномолекулярного режиму в цілях врахування міжмолекулярних взаємодій. Для врахування міжмолекулярних взаємодій при режимах течії, відмінних від вільномолекулярних, можна скористатися наступним підходом, на що йшло застосування в завданнях аналізу процесів іонної імплантації. В процесі перельоту частки з одного контакту на інший визначається значення параметра t_a , яке характеризує собою довжину вільного пробігу частки в цій системі із заданим режимом течії. Наприклад, нехай характерний лінійний розмір системи рівний L_a , а заданий режим руху визначається числом Кнудсена: $K_n = 0,1$. Тоді середня довжина вільного пробігу частки в контактному проміжку в даному випадку визначається як $\lambda_a = K_n L_a$. Для моделювання значення параметра t_a зручно використовувати традиційний для методу Монте-Карло стохастичний підхід, тобто знаходити значення довжини вільного пробігу випадково, виходячи з передумови про те, що результуюче середнє значення для усієї сукупності часток має бути λ_a [7-9]. Наприклад, для рівномірного розподілу значення параметра t_a формуватиметься як

$$t_a = 2\lambda_a \xi$$

де ξ - випадкове число, рівномірно розподілене в інтервалі від 0 до 1; λ_a - середня довжина вільного пробігу частки, визначений із заданих умов руху. Таким чином, математичне очікування випадкового параметра t_a лежить по середині цього відрізка і рівне λ_a , а само значення параметра t_a лежить в межах від 0 до $2\lambda_a$. Після того, як буде знайдено значення t_a , воно порівнюється зі значенням параметра t , який характеризує траєкторію

поточного перельоту, і у разі, якщо $t_a < t$, модуль значення параметра t міняється на t_a ($t = t_a$) і відповідним чином міняється координата точки перельоту частки. Вона виявляється такою, що як би "підвисає" в просторі і що не належить жодній із стінок. Фактично це означає, що в процесі перельоту частка зіткнулася з іншою в точці, визначеною новим значенням параметра t .

Після зіткнення необхідно визначити новий напрям польоту частки. Це можна зробити, також скориставшись випадковим характером процесу. Найбільш простим підходом в даному випадку являється формування нового напрямку польоту частки як рівномірного на всіх напрямках, тобто кути ψ і θ повинні бути рівномірно розподілені в межах від 0 до 2π ($\psi = 2\pi\xi$, $\theta = 2\pi\xi$). Після цього визначаються значення тих, що направляючих косинусів аналогічно випадку старту з площини $z=c$ і відбувається перехід до попереднього стану. Далі усе повторюється в звичайному режимі з використанням описаних додавань. Такий підхід дозволяє аналізувати усе складні вакуумні системи, які доступні аналізу методом Монте-Карло для вільномолекулярного режиму русі, при цьому розрахунки «прив'язуються» до конкретного значення числа Кнудсена, що характеризує режим руху в вакуумі [4-9].

4 СТАРТАП ПРОЕКТ «ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗАСОБІВ ОБМЕЖЕННЯ СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ ТА ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ РЕКЛОУЗЕРІВ»

У даному розділі проведено аналіз стартап проекту для визначення принципової можливості його ринкового впровадження та можливих напрямків реалізації цього впровадження. Розділ оформлений у відповідності з [34, 35].

4.1 Опис ідеї проекту

В таблиці 4.1 представлено цілісне уявлення про зміст та можливості проекту, а також про можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати потенційних клієнтів [3-9]

Таблиця 4.1 - Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Розробка сучасних секціонуючих пунктів, що дозволить підвищити ефективність функціонування системи ЕП	1. Комерційне – предоставлення послуг промисловим підприємствам.	1. Підвищення рівня енергетичної ефективності 2. Збільшення конкурентоспроможності на ринку електротехніки
	2. Навчальне – використання продукту студентами енергетичних спеціальностей.	1. Набуття студентами навичок проведення моделювання систем ЕП, вибір комутаційного обладнання 2. Підвищення кваліфікації молодих кадрів у сфері електропостачання та електричних апаратів.
	3. Співтоваристське – представлення програмного продукту підприємствам енергетичних спеціальностей якості співпраці в	1. Підвищення кваліфікації представників енергетичної галузі 2. Вигідні економічні заручення між підприємствами.

В таблиці 4.2 описаний аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї (чим відрізняється від існуючих аналогів та замінників) порівняно із пропозиціями конкурентів [8-11].

Таблиця 4.2 - Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї даного проекту

Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W слабка сторона	N нейтральна сторона	S сильна сторона
	Мій проект	Системи цільового моніторингу	Системи питомих норм енерговикористання	Автоматизовані системи прогнозування цільових функцій			
Надійність системи	1	2	3	4		1,2,4	3
Глобальність	1	2	3	4	3	2,4	1
Комплексність	1	2	3	4	2,3	4	1
Оперативність	1	2	3	4	3	1,2	4
Достовірність	1	2	3	4	3	1,2	4

Визначений перелік слабких, сильних та нейтральних характеристик та властивостей ідеї потенційного товару є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності.

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного етапу проведено аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту.

Визначення технологічної здійсненності проекту представлено у таблиці 4.3. Проект можливо реалізувати, усі необхідні технологічні ресурси знаходяться у вільному доступі, у тому числі методичні рекомендації з проведення оперативного контролю ефективності використання енергоресурсів, на основі яких буде створена математична основа продукту і які детально описані в п.2. [3-7]

Таблиця 4.3 - Технологічна здійсненність ідеї проекту

Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
База даних для потенційних даних	PostgreSQL, Excel, PowerBI	Наявні	Потрібно розробити
Математична складова	Python, Pandas, SciPy, NumPy	Наявні	Потрібно розробити
Графічна складова	Python, Blender, PyQt4, Matplotlib	Наявні	Доступні

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

В даному розділі визначено ринкові можливості, що можуть бути використані під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту. Сплануємо напрями розвитку проекту з урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів конкурентів.

Аналіз динаміки та розвитку попиту на проект проведено та представлено результат у таблиці 4.4

Ринок має середню ступінь привабливості для входження. Середня норма рентабельності досить велика, а відсутність подібних систем робить проект досить ризикованим з точки зору впровадження на ринок. У таблиці 4.5 визначені основні групи клієнтів стартапу та їх характеристика.

Аналіз ринкового середовища з точки зору загроз та можливостей представлено у таблицях 4.6 – 4.7.

З огляду на конкурентну ситуацію проект може існувати на ринку інформаційних та енергетичних послуг за умови надійності та регулярного інформаційного забезпечення товару, а також за умови постійного покращення та аналізу попиту на власні послуги та послуги товарів заміників (аналогів).

Таблиця 4.4 - Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

Показники стану ринку	Характеристика
1. Кількість головних гравців, од	15
2. Загальний обсяг продаж, грн./ум. од	1500
3. Динаміка ринку	стагнує
4. Наявність обмежень для входу	Обмежений. Дана система ще не використовується в Україні на необхідному рівні
5. Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Стандарт ISO - 50001
6. Середня норма рентабельності в галузі, %	10

Таблиця 4.5 - Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
Підвищення енергетичної ефективності	Будь яка група споживачів	Не передбачено	Надійність, ефективність, доступність

Загальні риси конкуренції на ринку представлені у таблиці 4.8

Більш детальний аналіз умов конкуренції представлений у таблиці 4.9

Таблиця 4.6 - Фактори загроз

Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
Ціна на послуги	Інформаційні ресурси, а саме їх розробка коштує значних коштів	Система Free to Play, яка частіше використовується на ринку відеоігр, але рідше і у сфері програмного забезпечення.
Оновлення програми	Для того, щоб проект функціонував, необхідно постійно підтримувати експлуатацію програми та серверу	Створити відповідального за технічний стан програми. Анонсувати оновлення.
Недостатня мотивація споживача	Системи оперативного контролю на українському ринку є інновацією і для клієнта досить ризиково використовувати дану послугу	Реклама, комунікативні методи зв'язку з потенційними клієнтами

Таблиця 4.7 - Фактори можливостей

Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
Новизна	Досить свіжий погляд у сфері енергоринку України	Рекламувати продукт як інноваційний
Комплексність	Розрахунок ведеться аргументований та різносторонній. Інші подібні системи не мають на стільки комплексної системи висновків та пропозицій	Постійний контроль за справністю математичної складової продукту
Простота експлуатації	Система підказок та навчального режиму дозволить кожному оволодіти цією програмою	Удосконалення даної складової

Таблиця 4.8 - Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства(можливі дії компанії, щоб бути конкурентноспроможною
1. Тип конкуренції – чиста	Програми моніторингу та контролю вже давно існують, як і статистичні методики	Маркетинговий відділ сприятиме інформаційному уклону саме в комплексність програми
2. Локальний рівень конкурентної боротьби	За межами України вже існують «Системи секціонування»	Розвиватись та шукати шляхи вирішення даної проблеми
3. Потенційно міжгалузева	Дана система може використовуватись і для контролю якості продукції	На певному етапі підприємство буде намагатись вийти за межі власної галузі
4. Нецінова конкуренція	Даний продукт не матиме фіксованої ціни	На ціну впливатимуть безліч факторів
5. Марочна	На певних енергетичних підприємствах уже працюють певні системи аналізу та контролю	Ситуацію зможе вирішити лише жорстка конкуренція та безкомпромісні дії зі сторони підприємства

Аналіз сильних та слабких сторін проекту представлено у таблиці 4.11.

Аналіз здійснено на основі аналізу таблиці 4.10.

Таблиця 4.9 - Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальник и	Клієнти	Товари-замінники
	Інші програми для проведення моніторингу енергоефективності	Інші програми для виконання цільових змінних	Корисність Удобність Просто використання Новизна	Рецензії	Кращі системи контролю якості продукції
Висновки	Через специфіку організації ринку даного товару/послуги конкурентна боротьба має специфічний характер і не може бути класифікована	Є можливості входу на ринок. Потенційні конкуренти – розробники інших статистичних	Постачальник и диктують умови, але в певній мірі	Клієнти диктують умови, але в певній мірі	Обмеження для роботи на ринку є відсутність необхідної кваліфікації у

		програм			постачальників товарів заміників
--	--	---------	--	--	----------------------------------

Таблиця 4.10 - Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
Новизна	Конкурентна середа не має аналогів продукції, що випускає компанія
Аргументованість результатів	Програма надає клієнту аргументовані висновки та рекомендації
Простота використання	Кожний клієнт має можливість використання даного продукту без використання спеціальних додаткових ресурсів

Таблиця 4.11 - Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «Підвищення ефективності функціонування засобів обмеження струмів короткого замикання та перевантаження із застосуванням реклоузерів»

Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з проектом						
		-3	-2	-1	0	1	2	3
Гнучкість використання	5						V	
Термін розробки	3		V					
Оновлення	4			V				
Корисність на ринку	6					V		
Експлуатація	5		V					
Ціна	3			V				
Новизна	3						V	

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками

(прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення. Наприклад: зниження доходів потенційних споживачів – фактор загрози, на основі якого можна зробити прогноз щодо посилення значущості цінового фактору при виборі товару та відповідно, – цінової конкуренції (а це вже – ринкова загроза). Результат проведення SWOT аналізу представлено у таблиці (4.12)

Таблиця 4.12 - SWOT-аналіз стартап-проекту

Сильні сторони	Слабкі сторони
<p>Високий попит на підвищення енергоефективності</p> <p>Новизна проекту – відсутність аналогів</p> <p>Простота використання проекту</p> <p>Підтримання сучасних Європейських «трендів»</p>	<p>Необхідність великої бази даних, що значно зменшую потенційну надійність програмного продукту</p> <p>Новизна проекту – багато ризиків</p> <p>Висока вартість послуг представників галузі інформаційних технологій</p> <p>Низький рівень кваліфікованих фахівців в даній сфері господарства</p>
Можливості	Загрози
<p>Позитивна тенденція росту популярності концепції контролю та планування в Україні та Європі</p> <p>Розвиток законодавчого регулювання проблеми енергоефективності в країні</p>	<p>Зростання конкуренції</p> <p>Політична ситуація в країні</p> <p>Висока вартість регулярного забезпечення та оновлення продукту</p>

На основі SWOT-аналізу розроблено альтернативи ринкової поведінки (перелік заходів) для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок (див. таблицю 4.9, аналіз потенційних конкурентів). Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів представлені у таблиці 4.12.

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Опис цільових груп споживачів представлено у таблиці (4.14).

Таблиця 4.13 - Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

Альтернатива ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
Використання типової моделі обладнання	Досить низька через велику кількість систем для взлому демо-програм	3 роки
Free to Play	Вище середнього. Повністю залежить від якості продукції	2 роки
Спільна робота з іншими підприємствами	Середня. Залежить частинно від якості продукції, частинно від співробітництва з іншими підприємствами	2 роки

Таблиця 4.14 - Вибір цільових груп потенційних споживачів

Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу в сегмент
Промислові підприємства	Залежить від рекламних заходів	Залежить від поведінки компанії	Середня	Низька
Підприємства енергетичної сфери	Помірна	Високий	Висока	Середня
Вищі навчальні заклади	Помірна	Середній	Низька	Середня

Базова стратегія розвитку стартап-проектів визначена та представлена у таблиці (4.15).

Таблиця 4.15 - Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
Free to Play	Концентрація основних зусиль не на продажу товару, а на захопленні визнання «продукту»	Інформаційні, комунікаційні система, взаємодія з підприємствами, які належать до енергетичної галузі	Концентрований маркетинг

На основі обраної базової стратегії розвитку проводиться вибір стратегії конкурентної поведінки проекту. Результати представлені у таблиці (4.16).

Таблиця 4.16 - Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і як?	Стратегія конкурентної поведінки
Проект є першопрохідцем на ринку	Компанія буде шукати нових споживачів	Не буде, так як продукція компанії поки що не має аналогів	Стратегія заняття конкурентної ніші

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту, а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки розроблена стратегія позиціонування, що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку/проект. Результати представлені у таблиці (4.17).

Таблиця 4.17 - Визначення стратегії позиціонування

Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформулювати комплексну позицію власного проекту
Надійність товару Виправдовування очікувань Швидке реагування на реакцію цільової аудиторії	Збір відгуків про товар. Покращення та реклама товару до моменту рентабельності	Унікальність – як стратегії розвитку, так і самого продукту.	Інтелектуальний Простий Ефективний Майбутнє Покращення

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Визначення ключових потенційних переваг проекту представлено у таблиці (4.18).

Таблиця 4.18. - Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами
Висока плата за електроенергію	Постійний моніторинг рівня енергоефективності	Допомога в прийнятті рішень
Низька ступінь керування попитом на електроспоживання	Дозволяє виявити, які фактори найбільше впливають на електроспоживання	Управління електроспоживанням

Трирівнева маркетингова модель потенційного товару представлена у таблиці (4.19).

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке

передбачас аналіз ціни на товари-аналоги або товари субституту, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів. Результати даного заходу представлено у таблиці (4.20)

Таблиця 4.19. - Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові
1.Товар за задумом	Надання технічних послуг з виявлення прихованих можливостей активного споживача на ринку електричної енергії
2.Товар реальному виконанні у	Властивості/характеристики
	Підвищення ефективності функціонування засобів обмеження струмів короткого замикання та перевантаження із застосуванням реклоузерів.
Товар із підкріпленням	До продажу – оформлення гарантійного листа, консультація

В таблиці (4.21). представлений аналіз визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення.

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів. Результат сформульовано у таблиці (4.22).

Таблиця 20. - Визначення меж встановлення ціни

Рівень цін на товари замітники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на послугу
1500-2000 грн.	3000-4000 грн.	Залежить від обраного підприємства	2000 грн.

Таблиця 4.21. - Формування системи збуту

Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
Отримання товару із рук довіреної енергетичної компанії, через яку клієнт виходить до виробника	Продавати товар, рекламувати виробника товару	Дво-трьорівневий	Залучена

Таблиця 4.22. - Концепція маркетингових комунікацій

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
Недовіра до продавця, потреба в перевірці.	Інтернет	Контроль, планування Простий Надійний Точний	Виклик випробувати продукт. Завоювання довіри	Контроль ефективності енерговикористання. Навіщо переплачувати гроші. Зараз, або ніколи!

ВИСНОВОК

Проведений маркетинговий аналіз стартап проекту «Підвищення ефективності функціонування засобів обмеження струмів короткого

замикання та перевантаження із застосуванням реклоузерів» дозволяє визначити принципової можливості його ринкового впровадження та можливих напрямів реалізації його впровадження. Був проведений технологічний аудит ідеї проекту, аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту, розроблена ринкова стратегія впровадження проекту та ринкова (маркетингова) програма проекту.

Даний проект має можливість бути комерціалізованим, але в пеній мірі з певними особливостями(демо версія продукту, партнерські угоди). Попит на проект наявний, динаміка ринку помірна, трохи нижче середнього рівень рентабельності роботи на ринку, у порівнянні з іншими можливими проектами.

Перспективи впровадження є і досить значні. В Україні існуюча система електропостачання має недоліки, які даний продукт міг би покрити. Бар'єром входження може бути недовіра споживача та низький початковий капітал. Стан конкуренції – помірний, конкурентоспроможність проєкту досить висока, особливо на перших етапах

Подальша імплементація проекту доцільна тільки якщо проект буде у надійних кваліфікованих руках та якщо будуть виконуватись заплановані умови використання проекту, так як даний проект має занадто слабку систему захисту від раптових ризиків. Короткий маркетинговий план проекту представлений у таблиці (4.23).

Таблиця - 4.23

	Об'єкт	Мета	Термін	Можливості	Кількість	Суб'єкти ринку
Ідея	Підвищення ефективності функціонування засобів обмеження струмів короткого замикання та перевантаження із	Контроль та планування енерговикористання, підвищення комутаційних операцій в мережі.	Продукт розроблятиметься 3 місяці, 3 місяці буде термін випробування та реклами, продукт буде готовий вийти на	Статистичні методи контрольних карт, регресії та послідовного аналізу дозволять споживачу контролювати об'єм споживання	Об'єм продажу буде залежати цілком від попиту та реклами, тому перший рерід терміном від 3-х	Товар орієнтовано на енергопостачальні підприємства та інші організації, зацікавлені у підвищенні енергоефективності виробничого

	застосуванн ям реклоузерів		ринок у період 0,5 -1 рік	енергоресурсі в. Більш детальна інформація описана в п.2	місяців то 1 року буде випробува льним.	підприємства
Ціна	До 1500 гривень за одиницю продукції	Ціна буде залежати від багатьох умов, особливо від умов використан ня кінцевого продукту	Ціна буде актуальна до тих пір доки не з'явиться біль дешевих товарів- аналогів	З часом ціна буде коливатись залежно від комплектації продукту та наявності конкурентів.	Ціна буде встановлю ватись в залежності від комплекта ції продукту. Також буде плата за додаткове ліцензуван ня.	Ціна також буде залежати від групи покупців. Посередники та покупці, які зможуть запропонувати ін.ший вид вигоди матимуть знижку, або отримають продукт по партнерській програмі

Місце продажу	Інтернет ресурси, офіційний сайт, посередни ки	Такі канали розповсю дження вибрані як найомтим альніші для подібних систем.	Покупці будуть обирати канал збуту після того, як товар отримає довіру	Канали розповсюд ження будуть працювати лише після проведення реklamних заходів та створення офіційного сайта, проведення ліцензуван ня продукту.	Кошти будуть витрачат ись на адміністр ацію сайту та анонсува ння і розробку нових версій продукту	Покупці зможуть отри отримати продукт або з офіційного сайту, або через офіційних представник ів
Реклама	Види реклами: «search engines optimizatio n» -	Така реклама дозволит ь користув ачам	Часові рамки: 0,5 років - підготовка , 1 рік - реклама, 3	Реклама буде здійснюват ись через партнерські програми	Рекламні заходи будуть коштуват и 40 % від	Фізичні особи зможуть отримати інформацію з допомогою

	оптимізації через пошукові системи. Використання демо версій в якості проби продукту/	швидше знаходи шлях до виробника, також опробувати продукт на рівень якості та доцільності	роки – срок життя проекту	та використан ня пошукових систем	капітальн их затрат	статей та анонсів, розповсюджених на енергетичних форумах та журналах
--	---	--	------------------------------	--------------------------------------	------------------------	---

ВИСНОВКИ

Дисертація на здобуття освітнього-кваліфікаційного рівня магістр за спеціальністю електроенергетика, електротехніка та електромеханіка – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» імені Ігоря Сікорського, Київ 2018.

Дисертація присвячена обґрунтуванню застосування секціонуючих пунктів – реклоузерів, виконаних у вигляді комутаційного модуля зі вбудованими датчиками струму і напруги, що виконує функції релейного захисту, автоматики, контролю якості і обліку електроенергії, моніторингу параметрів мережі. Які призначений для автоматичного відключення, а також повторного включення ланцюга змінного струму в режимах КЗ і без КЗ по заздалегідь заданій послідовності циклів відключення і включення з подальшим поверненням функції АПВ в початковий стан, збереженням включеного положення або блокуванням у відключеному положенні.

Реклоузер виконує автоматичне відключення пошкодженої ділянки, автоматичне повторне включення лінії (АПВ), автоматичне відновлення живлення на неушкоджених ділянках мережі (АВР), оперативні перемикання в розподільній мережі (місцева і дистанційна реконфігурація), збір, обробку і

передачу інформації про параметри режимів роботи мережі і стан власних елементів.

Застосування реклоузерів є одним з найбільш ефективних способів підвищення надійності розподільної мережі, оскільки дозволяє радикально скоротити кількість і тривалість перерв електропостачання споживачів без глобальної модернізації мережі, тобто оптимальними засобами.

1. Проведено аналіз існуючих систем автоматичного управління і захисту повітряних ЛЕП на основі вакуумних вимикачів під управлінням спеціалізованого мікропроцесора.

2. Сформульовано обґрунтування технічних рішень застосування секціонуючих пунктів з використанням реклоузерів та представлено типові схеми підключення для практичної реалізації.

3. Представлено розрахунки залежності показників RNRE і ARAE від кількості встановлюваних реклоузерів для радіального фідера, а також від показників надійності початкової мережі та показників надійності модернізованої мережі.

4. Надано алгоритм вибору ефективного місця установки реклоузерів враховуючи критерії мінімального значення показників SAIFI та SAIFI(0).

5. Запропоновано розрахунок показників надійності модернізації мережі, за допомогою реклоузерів.

6. Зроблено порівняльний аналіз існуючих математичних методів розраху вакуумних систем в комутаційних апаратах.

7. Розроблено математичну модель вакуумної контактної системи комутації вакуумного вимикача використовуючи метод Монте-Карло, з врахуванням швидкості часток контактних поверхонь під час комутації.

8. Проведено аналіз стартап проекту для визначення принципової можливості ринкового впровадження розглянутого проекту та можливих напрямків реалізації цього впровадження.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. Учебное пособие для вузов – 4-е изд. перер. и доп. – М.: Энергоиздат, 1986.
2. Методичні вказівки та завдання до курсового проектування з курсу «Електропостачання промислових підприємств» для студентів спеціалізації 10.04.01 «Електропостачання промислових підприємств» / Укл. М.А. Денисенко, О.І. Соловей, Е.М. Іншеков. – К.: КПІ, 1994.
3. Переходные процессы в системах электроснабжения. Учебник / В.Н.Винославский, Г.Г. Пивняк, Л.И. Несен и др. под ред. В.Н.Винославского. – К.: Вища школа. Головне видавництво, 1989.
4. ГОСТ 13109–97. Электрическая энергия. Нормы качества электрической энергии у её приемников, присоединенных к электрическим сетям общего назначения. – М.: Изд-во стандартов, 1997.
5. ГОСТ 28249-93. Короткое замыкание в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ.
6. Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий. – М.: Высш.шк., 1986. – 400с.
7. Маліновський А.А., Хохулін Б.К. Основи електропостачання: Навчальний посібник. – Львів: Вид-во НУ „Львівська політехніка”, 2005. – 324с.
8. Громадський Ю.С., Манілов А.М. Щодо ефективності застосування запобіжників з вимикачами навантаження RIF фірми „Powercon Corp” (США) в мережах 6-35 кВ//Промелектро. – 2004. – №2- С.32...35.
9. Щестеренко В.Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств. Підручник.- Вінниця: Нова Книга, 2004. – 656с.

10. ДСТУ 2790-94. Електропостачальні системи напругою понад 1000 В. Терміни та визначення.
11. ДСТУ 2791-94. Електропостачальні системи напругою до 1000 В. Терміни та визначення.
12. Электрические сети и системы / Н.В.Буслова, В.Н.Винославский, Г.И.Денисенко, В.С.Перхач; Под.ред. Г.И.Денисенко.-К.:Вища шк. Головне вид-во, 1986 – 584с.
13. Электробезопасность на промышленных предприятиях: Справочник/ Р.В. Сабарно, А.Г Степанов, А.В. Слонченко-К.: Техніка, 1985.- 228с.
14. Долин П.А Основы техники безопасности в электроустановках: Учеб.пособие для вузов. – 2-е изд., пере раб. И доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. -448с.
15. Правила устройства электроустановок /Минэнерго СССР. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 648с.
16. Методичні вказівки до лабораторної роботи ОПЕ-4 «Засоби захисту в електроустановках»/ Р.В. Сабарно.-К.: НТУУ «КПІ», 2005-22с.
17. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Барыбина и др. / - М.: Энергоиздат, 1990. – 576 с.
18. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий: Проектирование и расчет/ Овчаренко А.С., Рабинович М.П. и др.- К: Техніка, 1985.-297 с.
19. Постановление НКРЕ №1124 от 09.12.97 г. «О тарифах на э/э, отпускаемую энергоснабжающими компаниями Минэнерго Украины».
20. Инструктивные указания по расчету электрических нагрузок промышленных установок // Инструктивные указания по проектированию промышленных электрических установок /Тяжпром-электропроект/.-М.: Энергоатомиздат, 1990.-№4.- С.3-7.

21. Методические указания и задания для курсового проектирования по курсу «Электроснабжение промышленных предприятий». Киев: КПИ, 1994.-62с.
22. Справочная книга для проектирования электрического освещения. Под ред. Г.М. Кнорринга.- Л.: Энергия, 1976.
23. Методические указания к выполнению дипломного проектирования «Электроснабжение промышленных предприятий».-Киев: КПИ,1981.-30 с.
24. ГОСТ 14209-85 «Трансформаторы силовые масляные общего назначения».
25. Электротехнический справочник в 3 томах, 3 том 2 книги, книга 1 Производство и распределение электрической энергии / Под общей редакцией профессоров МЭИ, И.Н. Орлова и др./-М: Энергоатомиздат, 1988.- 880 с.
26. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР- 6-е изд.перераб. и доп.-М.: Энергоатомиздат, 1986.-648 с.: ил
27. Электротехнический справочник / Под ред. И.Н. Орлова и др./.- М.: Энергоатомиздат, 1988. – 880с.
28. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учебное пособие для вузов.-4-е изд. перераб. и доп.-М.: Энергоатомиздат, 1989.-608 с.
29. Винославский В.Н., Праховник А.В. и др. Проектирования систем электроснабжения: Учебное пособие для вузов.- К: Вища школа. Головное изд.-во, 1981.-360 с.
30. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга.- М.: Энергоатомиздат, 1983.-472 с.
31. Справочная книга для проектирования электрического освещения. Под ред. Г.М. Кнорринга.- М.: Энергия, 1976.- 384 с.

32. Князевский Б.А., Долин П.А. Охрана труда.- М.: Высшая школа, 1982.-311с.
33. Князевский Б.А., Марусова Н.А., Чеколин Н.А. Охрана труда в электроустановках: учебник для вузов / Под ред. Князевского Б.А.-3-е изд. Перераб. и доп. –М.: Энергоатомиздат, 1983.-33
34. РТМ 36.18.32.4-92. Указания по расчету электрических нагрузок. – К.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 1992.
35. Справочник по проектированию электроснабжения./Под ред. Ю.Г.Барыбина и др. – М.: Энергоиздат, 1990.
36. Справочник по проектированию промышленных предприятий/ Под ред. А.А. Федорова и Г.В. Сербиновского в 2-х томах. – М.: Энергия, 1973.
37. Справочная книга для проектирования электрического освещения./ Под ред. Г.М. Кноринга. – Л.: Энергия, 1976.
38. ДБН В.2.5-23-2003. Державні будівельні норми. Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. – К.: Держбуд України, 2004.
39. Правила устройства электроустановок/ Минэнерго СССР. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
40. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий: проектирование и расчет. / А.С. Овчаренко, М.Л. Рабинович, В.И.Мозырский, Б.И. Розинский. – К.: Техніка, 1985.